

Prospektiver Vergleich des therapeutischen Wertes von periradikulären-  
und Facettengelenksinfiltrationen im Bereich der Lendenwirbelsäule

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Von Felix Frederik Hochberger  
geboren am 28.03.1990 in Hamburg

**Gutachter:**

1. Univ.-Prof. Dr. Georg Matziolis (Waldkliniken Eisenberg)
2. Univ.-Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Gunther Hofmann (Universitätsklinikum Jena)
3. PD Dr. med. Marc Dreimann (Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf)

**Tag der öffentlichen Verteidigung: 20.10.2020**

## Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis.....	6
2	Zusammenfassung .....	8
3	Einleitung.....	10
3.1	Epidemiologie und volkswirtschaftliche Bedeutung des Rückenschmerzes...	10
3.2	Funktionelle Anatomie der Wirbelsäule und der Segmentdegeneration und Einfluss von Facettengelenksarthrose und degenerationsbedingter Nervenwurzelkompression auf die Schmerzentstehung .....	12
3.3	Physiologie des Schmerzes .....	15
3.3.1	Definition .....	15
3.3.2	Nozizeptiver und neuropathischer Schmerz.....	16
3.3.3	Ausbildung eines Schmerzgedächtnisses .....	17
3.4	Schmerzsyndrome der LWS .....	18
3.4.1	Lokales Schmerzsyndrom .....	18
3.4.2	Pseudoradikuläre Symptome .....	19
3.4.3	Radikuläre Symptome.....	20
3.5	Konservative Therapiemodalitäten der Lumbalgie/ Lumboischialgie.....	21
3.5.1	Medikamentöse Schmerztherapie .....	22
3.5.2	Physiotherapie und physikalische Therapie .....	22
3.5.3	Lokale Injektionen .....	23
3.5.3.1	Periradikuläre Therapie .....	23
3.5.3.2	Facettengelenksinfiltrationen .....	24
3.5.3.3	Therapie der Sakroiliakalgelenke.....	24
3.5.4	Weiterführende minimalinvasive Therapien von Rückenschmerzen ...	24
3.6	Entwicklung der CT-gesteuerten Infiltrationstherapie.....	25
3.7	Therapeutischer Wert von Infiltrationen an Facettengelenken und Nervenwurzeln.....	27
4	Zielstellung und Hypothesen .....	30
5	Methodik.....	31
5.1	Studiendesign und Ethik .....	31
5.2	Kalkulation der benötigten Stichprobengröße (Power-Analyse) .....	31
5.3	Patienten und Gruppen .....	33
5.4	Periinterventionelles Setup .....	34

5.5	Ablauf der Intervention .....	34
5.5.1	Die minimalinvasive CT-gestützte Facettengelenksinfiltration (FGI)....	34
5.5.2	Die minimalinvasive CT-gestützte Nervenwurzelinfiltration (PRT) .....	37
5.6	Medikamente .....	38
5.6.1	Lokalanästhetika .....	38
5.6.2	Glucokortikoide .....	39
5.7	Datenerhebung und klinische Fragebögen .....	40
5.7.1	Epidemiologische personenbezogene Daten .....	40
5.7.2	Numerische Ratingskala (NRS).....	40
5.7.3	Oswestry Disability Index (ODI).....	41
5.7.4	SF-36 Fragebogen: Körperliche Gesundheit (PCS) und Psychische Gesundheit (MCS).....	42
5.7.5	MacNab`s Ergebnisbewertung der Patientenzufriedenheit.....	44
5.8	Datenerfassung.....	45
5.9	Datenanalyse .....	45
5.10	Statistische Methoden.....	46
6	Ergebnisse .....	47
6.1	Baseline Demografie.....	47
6.2	Veränderung von Schmerzen und Funktionalität .....	47
6.3	Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Zufriedenheit .....	51
6.4	Nebenwirkungen .....	54
7	Diskussion .....	55
7.1	Baseline Demografie.....	55
7.2	Schmerzlinderung .....	58
7.3	Funktionsverbesserung.....	64
7.4	Lebensqualität und Zufriedenheit.....	67
7.5	Ausblick .....	68
7.6	Limitationen .....	68
8	Schlussfolgerungen .....	69
9	Literatur- und Quellenverzeichnis .....	71
10	Anhang .....	90
10.1	Erhebungsbögen.....	90
10.2	Ehrenwörtliche Erklärung.....	98

10.3	Danksagung.....	99
------	-----------------	----

## 1 Abkürzungsverzeichnis

AU	Arbeitsunfähigkeit
Bzw.	beziehungsweise
CL	Chris Lindemann
CLBP	Chronic Low Back Pain – chronischer tieflumbaler Rückenschmerz
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomograf
EPI	Epidurale Injektion
EU	Erwerbsunfähigkeit
FGI	Facettengelenksinfiltration
FH	Felix Hochberger
HDI	Human Development Index (engl.)
IDET	Intradiskale elektrothermale Therapie
ISG	Iliosakralgelenk
LA	Lokalanästhetika
LBP	Low Back Pain – tieflumbaler Rückenschmerz
LEP	Leg Pain - Beinschmerz
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta - Bänder
LWK	lumbaler Wirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
MCID	Minimal clinically important difference (engl.)
MCS	Mental Component Summary - psychische Gesundheit
ml	Milliliter
MOS	Medical Outcome Study (engl.)
MRT	Magnet-Resonanz-Tomograf
N.	Nervus
Ncl.	Nucleus
NPP	Nucleus Pulposus Prolaps
NRS	Numerische Rating Skala
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
ODI	Owestry Disability Index
PCS	Physical Component Scale - körperliche Gesundheit

PRT	periradikuläre Infiltrationstherapie
R.	Ramus
Rr.	Rami
SIG	Sakroiliakalgelenk
SIT	CT-gestützte Schmerztherapie der Sakroiliakalgelenke
SKS	Spinakanalstenose
Sog.	so genannt
STIR	Short-Tau-Inversion-Recovery-Sequenz
SWK	sakraler Wirbelkörper
TAESE	transforaminale anteriore epidurale Steroid- und Lokalanästhetika Injektionen
Ugs.	umgangssprachlich
VAS	Visuelle Analog Skala
WHO	World Health Organisation (engl.)
ZNS	Zentrales Nervensystem

## 2 Zusammenfassung

CT-gestützte Infiltrationen mit Lokalanästhetika und Steroiden an Facettengelenken und Nervenwurzeln sind fester Bestandteil der konservativen Therapie lumbaler degenerativer Erkrankungen. Je nach vordergründiger Schmerzlokalisation haben sich dabei die Facettengelenkinfiltration (FGI) und periradikuläre Infiltration (PRT) etabliert. Der therapeutische Wert hinsichtlich einer mittelfristigen Wirksamkeit derselben im Vergleich von Gelenk- und Wurzelinfiltration bleibt bisher jedoch noch unklar. Ziel dieser Arbeit war daher die Wirksamkeit von Facettengelenkinfiltrationen und Nervenwurzelinfiltrationen mit Lokalanästhetika bei chronischen Schmerzen im unteren Rücken und in der unteren Extremität auf Basis einer monosegmentalen Facettengelenkarthrose oder nervenwurzelassoziiert bei Patienten mit einer monosegmentalen Nervenwurzelirritation zu beurteilen. In dieser prospektiv nicht-randomisierten Arbeit wurden Einhundertsechszehn Patienten, in Abhängigkeit der führenden Beschwerdesymptomatik und unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Pathologie im Bereich der Lendenwirbelsäule, 2 Gruppen zugeordnet. Die Gruppe FGI erhielt eine Facettengelenksinfiltration an die betroffenen Zygapophysialgelenke. Die Gruppe PRT erhielt eine periradikuläre Infiltration in die betroffene Nervenwurzel. Bei beiden Gruppen erfolgte die Applikation von 1.5 ml Lidocainhydrochlorid (1 %) + 0.5 ml Betametason bzw. nur 2 ml Lidocainhydrochlorid im Falle einer Kontraindikation gegen eine Steroidgabe. Die primäre Ergebnisgröße war eine signifikante Besserung der durchschnittlichen Numerischen Ratingskala (NRS) und des Oswestry Disability Index (ODI). Als klinisch bedeutsame Besserung (MCID) wurde hierbei eine Reduktion von  $\geq 2$  Punkten in der NRS sowie eine Besserung von  $\geq 20\%$  im ODI angenommen. Sekundäre Ergebnisgrößen waren die gesundheitsbezogene Lebensqualität (SF-36 PCS + MCS) sowie die Patientenzufriedenheit (Macnab Kriterien) mit der jeweiligen Intervention. Patienten aus der PRT Gruppe gaben im Vergleich zu Patienten aus der FGI Gruppe eine deutlich höhere Schmerzreduktion (NRS) nach der Infiltrationstherapie an. Patienten der FGI Gruppe lagen bereits nach 3 Monaten unterhalb der MCID ( $\Delta$ NRS 1.3/2) während Patienten der PRT Gruppe bis zum Ende des Follow-Up Zeitraums von 12 Monaten oberhalb der MCID blieben ( $\Delta$ NRS 2.7/2). Weiterhin zeigte sich bei Patienten der PRT Gruppe der  $\Delta$ ODI während des gesamten Follow-Up Zeitraums  $> 20\%$



während Patienten der FGI Gruppe keine ausreichende Besserung ( $\Delta\text{ODI} < 20\%$ ) zeigten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die PRT mit einem Lokalanästhetikum mit oder ohne Steroid eine effektive Therapie für Patienten mit radikulären Schmerzen darstellt. Die vorliegende Evidenz zeigt die Überlegenheit der PRT gegenüber der FGI hinsichtlich ihres therapeutischen Wertes. Die FGI dagegen hat im Rahmen Ihrer kurzen Wirkdauer allenfalls diagnostische Bedeutsamkeit z.B. zur differentialdiagnostischen Abklärung vor einer geplanten Denervierung der Facettengelenke oder Fusion.

### **3 Einleitung**

#### **3.1 Epidemiologie und volkswirtschaftliche Bedeutung des Rückenschmerzes**

Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule zählen zu den Volkskrankheiten unserer Gesellschaft und stellen die häufigste Ursache für Immobilität und Arbeitsfehltag dar (Lidgren 2003). In Deutschland wie auch in anderen bedeutsamen Industrienationen stellen Rückenschmerzen die zweithäufigste Volkskrankheit dar (Grönemeyer D und Lange S 1995). Dabei handelt es sich in der Mehrzahl der Fälle um Beschwerden im Bereich der LWS, die mit steigendem Alter zunehmen (Juniper, Le et al. 2009). Im Schnitt geben 70-85% aller Menschen an, mindestens einmal in ihrem Leben Rückenschmerzen gehabt zu haben (Frymoyer 1997). Davon litten ungefähr 85% an so genannten „unspezifischen Rückenschmerzen“. Hierbei handelt es sich um Schmerzen, für die sich keine organische Ursache finden lässt und die in den meisten Fällen remissionsfrei von selbst abheilen. Von akuten Schmerzen spricht man dabei, wenn sie unmittelbar bei oder im Anschluss an eine Verletzung oder Schädigung auftreten und eine Dauer von wenigen Wochen nicht überschreiten. Länger anhaltende Schmerzen (in der Literatur meist über 6 Wochen) werden als subakute Schmerzen bezeichnet. Ab einer Dauer von 3 Monaten sprechen wir von chronischen Schmerzen. Die zeitliche Einteilung wird in der Literatur nicht einheitlich gehandhabt (Flor 1999, 2011). Männer sind dabei häufiger betroffen als Frauen (van Tulder, Koes et al. 2002). Darüber hinaus lassen sich nicht nur bei alten Menschen entsprechende Symptome nachweisen, sondern auch junge, vor allem berufstätige Erwachsene erkranken gleichermaßen häufig (Robert Koch Institut 1999). Laut Freiburger JK et al. stieg die Prävalenz von chronischen Rückenschmerzen (CLBP), unabhängig von Geschlecht und Altersgruppe, im Zeitraum von 1992 bis 2006 um mehr als die Hälfte an (Freburger, Holmes et al. 2009). Die durchschnittliche Gesamtprävalenz beträgt im Mittel 31% und die 1-Jahres-Prävalenz: 38% (Hoy, Bain et al. 2012). In Deutschland lassen sich ähnliche Werte zeigen. Demnach konnten Schmidt, Raspe et.al. im Jahr 2007 eine durchschnittliche Gesamtprävalenz von 34,2%, eine 1-Jahres-Prävalenz von 75,5% und eine Lebenszeit-Prävalenz von 85,2% nachweisen. (Schmidt, Raspe et al. 2007). Dies entspricht ungefähr dem weltweiten Schnitt. Des Weiteren weisen Länder mit einer starken Wirtschaft diesbezüglich höhere Werte auf, wohingegen in wirtschaftlich schwächeren Nationen vergleichsweise weniger Menschen an

Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule leiden. Ein aussagekräftiger Parameter ist hierbei der Human Development Index (HDI). Dieser stellt eine sozioökonomische Determinante dar, die die Gesundheit einer Gesellschaft in Abhängigkeit von Bildung, Lebenserwartung und Jahreseinkommen beurteilt. Je höher dieser Wert für eine jeweilige Nation ausfällt, desto besser sind diese drei Parameter verglichen mit dem Rest der Welt (Ng 2015). Es konnte ein Zusammenhang zwischen HDI und dem Auftreten von Rückenschmerzen festgestellt werden. In Ländern, in denen ein relativ hoher HDI nachweisbar war, erkrankten jährlich tendenziell weniger Menschen, als in solchen, in denen ein geringerer HDI-Wert erfasst werden konnte. Im Jahre 1993 erkrankten in Großbritannien 16,5 Millionen Menschen (Campbell und Muncer 2005). Die durchschnittlichen Höchstwerte für die Gesamtprävalenz liegt in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter bei Männern um die 40-49 Jahren und bei Frauen um die 60-69 Jahren. Die ersten Symptome treten allerdings oft schon zwischen dem 30. und 50. Lebensjahr ein (Deyo and Weinstein 2001), d.h. in der wirtschaftlich produktivsten Lebensphase. Wenn in der Gesundheitsökonomie von Gesundheitskosten die Rede ist, unterscheidet man die direkten (für aufgewandte nicht- medizinische Leistungen) von den indirekten Krankheitskosten (Arbeitsunfähigkeitskosten, Kosten durch vorzeitige Berentung oder Einkommensverlust durch herabgesetzte Produktivität im eigenen Haushalt) und von den nicht fassbaren Kosten (durch reduzierte Lebensqualität). Im Jahr 2006 betrugen in Deutschland die direkten Krankheitskosten im Rahmen von Rückenschmerzen aller Art rund 8,4 Mrd. Euro. Darüber hinaus sind etwa 54-85% der gesamten indirekten Krankheitskosten in Deutschland auf Rückenbeschwerden zurückzuführen (Koch 2006, Wenig, Schmidt et al. 2009). Weiterhin leiden rund 32% aller chronischen Schmerzpatienten an Rückenschmerzen. Damit sind Rückenschmerzen die zweithäufigste Ursache für Arztbesuche, wobei Allgemeinmediziner und Orthopäden etwa im gleichen Verhältnis aufgesucht werden (Schmidt und Schaible 2006, Fink und Haidinger 2007). Neben einer allgemeinen Minderung der Lebensqualität sind viele Betroffene auch in der Ausübung ihres Berufes bis hin zur Arbeitsunfähigkeit eingeschränkt. Im Jahre 1999 stellte LBP die zweithäufigste Ursache für Arbeitsfehltag in Deutschland dar. Hierbei sind Pflichtversicherte im Durchschnitt 2-3 Tage im Jahr auf Grund von Dorsalgien arbeitsunfähig (Schmidt und Schaible 2006). Dabei kamen 75 Millionen Arbeitsausfehltag auf 3,7 Millionen Arbeitsunfähigkeitsfälle. Etwa 18% der Frühberentungen erfolgen u.a. wegen Rückenbeschwerden (Dreinhöfer 2000,

Schneider 2007). Weiterhin bleibt fraglich, welche Rolle der chronische lumbale Rückenschmerz bei der Beantragung von Erwerbs (EU) - und Arbeitsunfähigkeitsrenten (AU) spielt. Unzufriedenheit am Arbeitsplatz trägt zur Somatisierung und Schmerzchronifizierung bei. Dies wiederum führt v.a. bei Menschen nahe des Renteneintrittsalters zu erhöhten Zahlen von frühzeitigen AU- und EU-Rentanträgen (Dreinhöfer 2000, Schneider 2007). Schätzungen des Helmholtz-Zentrums in München zeigten, dass Rückenschmerzen einen Gesamtkostenaufwand des Gesundheitssystems von rund 48,9 Mrd. Euro pro Jahr verursachten. Dabei betrugen die Kosten pro Patient je nach Ausprägung der Beschwerden, jährlich im Durchschnitt etwa 1.322,00 – 7.000,00 Euro, die sich aus direkten und indirekten Kosten zusammensetzten (Juniper, Le et al. 2009, Wenig, Schmidt et al. 2009).

### **3.2 Funktionelle Anatomie der Wirbelsäule und der Segmentdegeneration und Einfluss von Facettengelenksarthrose und degenerationsbedingter Nervenwurzelkompression auf die Schmerzentstehung**

Die LWS steht im Vergleich zu den anderen Abschnitten der Wirbelsäule unter signifikant höherer Belastung. Durch den aufrechten Gang nimmt die Belastung auf die einzelnen Wirbelkörper von kranial nach kaudal zu. Um dieser erhöhten Belastung ein Stück weit entgegenwirken zu können, nimmt die Größe der Wirbelkörper ebenso von kranial nach kaudal zu. Allerdings verläuft diese Größenzunahme nicht proportional zur gesteigerten Belastung, sodass ein Defizit in der Kompensation entsteht (Filler 2009). Degenerative Veränderungen an den Bandscheiben sorgen im Laufe der Zeit dafür, dass sie an Flüssigkeit und damit an Elastizität verliert. Dies wiederum nimmt den Wirbelsäulenbändern die Spannung und kann zu Instabilität führen. Eine daraus resultierende erhöhte Verletzbarkeit der Bandscheibe begünstigt wiederum die Entstehung eines Prolapses. Dies kann zusätzlich durch die konvexe Krümmung im Bereich der LWS und dem sehr weit dorsal liegenden Ncl. pulposus verstärkt werden (Krämer 2006). Diese Veränderungen allein führen in der Regel noch zu keinem Schmerzereignis. Die meisten Anteile des Anulus fibrosus sowie des Nucleus pulposus besitzen keine Gefäß- und Nervenversorgung, sodass die Ursache der Schmerzentstehung bei degenerativen Veränderungen an der Bandscheibe woanders zu suchen ist. Nach der sog. chemischen Theorie kommt es erst dann zu

Schmerzen, wenn sich vorwölbendes oder austretendes Bandscheibengewebe das Nervengewebe irritiert oder eine Nervenwurzel komprimiert (Bogduk, Tynan et al. 1981, Kojima, Maeda et al. 1990). Andererseits können langjährige Reizzustände an den Bandscheiben dazu führen, dass Gefäße einsprießen und diese ein Schmerzempfinden erzeugen können (Debrunner and Weiblen 2005). Zu den schmerzempfindlichen Strukturen an der LWS gehören im Allgemeinen der äußere Ring des Anulus fibrosus und das Ligamentum flavum, die beide durch den Ramus meningeus des Truncus nervi spinalis innerviert werden (Krämer 2006).

Zwei übereinanderliegende Wirbel, die dazwischenliegende Bandscheibe, die dazugehörigen kleinen Wirbelgelenke (Facettengelenke) sowie ihre Wirbelsäulenligamente, bilden die kleinste funktionelle Einheit der Wirbelsäule. Nach Junghanns wird dies ein Bewegungssegment genannt (Schmorl und Junghanns 1960). Aufgrund vieler kleiner komplexer Bewegungsabläufe der beteiligten anatomischen Strukturen, wirkt jedes Bewegungssegment funktionell wie ein einziges Gelenk. Jede in ihm ausgeführte Bewegung wird über die kleinen Wirbelgelenke auf den Nucleus Pulposus übertragen und ähnelt in ihrer Art einer Schaukelbewegung. Der Freiheitsgrad jedes Bewegungssegmentes wird hierbei durch die Stellung der Gelenkflächen zueinander bestimmt, welche zudem den limitierenden Faktor hinsichtlich des Bewegungsausmaßes darstellen.

Die Facettengelenke im Bereich der LWS weisen in ihrer Stellung zueinander eine Besonderheit auf. Ihre Gelenkflächen stehen physiologischerweise meist nicht exakt übereinander, sondern weisen seitendifferente Stellungswinkel in einer oder mehreren Etagen auf. Dadurch kommt es zu einer Asymmetrie an den Facettengelenken. Man spricht vom sog. Tropismus (Schellinger, Wener et al. 1987). Dadurch laufen Bewegungen an den kleinen Gelenken häufig nicht harmonisch ab. Dies wiederum begünstigt auf lange Frist die Entstehung von repetitiven Mikrotraumata, die ihrerseits zu degenerativen Veränderungen führen. Bei den Facettengelenken handelt es sich im Vergleich zu den übrigen Gelenken an der Wirbelsäule um die einzigen „echten“ Gelenke, wie man sie von der Beschaffenheit her auch an anderen Gelenken des Körpers (z.B. Knie- oder Hüftgelenk) findet. Neben einem Gelenkkörper, der durch zwei, mit Gelenkknorpel überzogenen Gelenkflächen miteinander artikuliert, besitzen sie einen Gelenkspalt, der mit Gelenkflüssigkeit (Synovia) gefüllt ist. Umgeben werden sie von einer Gelenkkapsel, die den Gelenkspalt nach außen fest umschließt und sich somit eine Gelenkhöhle bilden kann. Mit steigendem Alter, durch übermäßige

Beanspruchung, nach Traumata und durch viele weitere Einflüsse kommt es mit der Zeit zur Arthrose. Die zugrundeliegenden Prozesse, die zum Knorpeluntergang und zwangsläufig zur Gelenksdestruktion führen verlaufen meist langsam progredient und werden zusammenfasst als „Degenerationskaskade“ bezeichnet. Dabei kommt es zunächst zur Höhenabnahme des Knorpelgewebes durch Veränderungen der Knorpelgrundsubstanz und der Demaskierung von Kollagenfasern. In früheren Stadien kommt es zur Spaltbildung im Knorpel und zur subchondralen Sklerosierung. Später folgen die Ausbildung von Osteo- und Spondylophyten, Zystenbildung und Knochenabschliff. Diese Knochenpartikel führen zur Entzündungsreaktion im Gelenk. Der Gelenkkörper verliert zunehmend seine physiologische Form. Dadurch kommt es zu Achsabweichungen und Funktionseinschränkungen. Das Gelenk beginnt zunehmend seine Beweglichkeit zu verlieren. Dies wiederum führt zur Atrophie der umgebenden Muskulatur und Lockerung der Bandstrukturen. Es resultiert eine vermehrte Instabilität des Gelenks. Bei komplettem Knorpelabrieb kann es zusätzlich zur spontanen Einsteifung (Ankylose) kommen (Niethard und Pfeil 2005).

Aufgrund des ähnlichen anatomischen Aufbaus und der ähnlichen Pathophysiologie, kann daher die Entstehung einer Arthrose an Facettengelenken mit der, an Knie- oder Hüftgelenken verglichen werden. Die beidseitig das Rückenmark verlassende Nervenwurzeln vereinigen sich zu einer Vorder- und Hinterwurzel (Radix anterior und posterior). Zusammen bilden diese beiden Wurzeln schließlich den Spinalnerven, der das Rückenmark in Richtung Peripherie verlässt. Dabei tritt er beidseits segmental durch die Zwischenwirbelöffnungen, den sog. Foramina intervertebralia aus. Anschließend teilt er sich in den Ramus dorsalis, in den Ramus ventralis, den Ramus meningeus und den Ramus communicans albus auf. Dabei stellt der Ramus dorsalis einen gemischten Nerven dar, welcher die autochtone Rückenmuskulatur motorisch und die dazugehörige oberflächliche Dermis sensibel versorgt. Den strukturell dicksten Ast bildet der Ramus ventralis, der auf Höhe der LWS den Plexus lumbosacralis bildet. Über diesen Plexus werden vor allem die Hüfte, die untere Extremität sowie Teile der vorderen und seitlichen Bauchwand motorisch, sensibel und sympathisch versorgt. Der Ramus meningeus ist ein rein sensibler Nerv, der durch die Foramina intervertebralia wieder in den Wirbelkanal zurückzieht und anschließend die sensible Innervation der Rückenmarkshäute, des hinteren Längsbandes, des Wirbelsäulenperiosts und Teile der Wirbelgelenkskapsel übernimmt. Der Ramus communicans albus führt sympathische Fasern zum Truncus sympathicus. Dort

werden die Fasern für die sympathische Innervation der Haut umgeschaltet und als R. communicans griseus wieder zurück zum Spinalnerv geleitet und dort mit den Fasern der Rr. anterior und posterior vermischt.

Die Neuroanatomie der lumbalen Facettengelenke weist einige Besonderheiten auf. Mediale Äste der Rami dorsales der beiden benachbarten Spinalnerven ziehen jeweils auf die Höhe eines Facettengelenks, sodass ein Facettengelenk in der Regel von zwei Rami dorsales innerviert wird. Die von einem Facettengelenk ausgehenden Beschwerden können daher häufig nicht exakt einem bestimmten Segment zugeordnet werden (Bogduk, Wilson et al. 1982, Bogduk 1983, Lynch and Taylor 1986). In einigen Studien wird sogar eine Innervation aus drei Etagen beschrieben (Lippitt 1984, Lynch and Taylor 1986). Darüber hinaus sind an der Schmerzempfindung im Bereich der LWS freie und intrakapsuläre Nervenendigungen (Cavanaugh, Lu et al. 2006), sowie sensible Mechano- und Nozizeptoren beteiligt (Heisel, Jerosch et al. 2007). Somit gehören neben den Spinalnervenzwurzeln die Facettengelenke zu den schmerzempfindlichsten Strukturen der LWS.

### **3.3 Physiologie des Schmerzes**

#### **3.3.1 Definition**

Der Schmerz stellt eine elementare Schutzfunktion des menschlichen Körpers dar. Er dient der Warnung vor schädigenden Einflüssen und unterstützt den Organismus bei der Verhinderung weiterer Schädigungen. Einteilen kann man Schmerzen sowohl anhand ihres zeitlichen Verlaufes als auch anhand ihrer pathophysiologischen Grundlagen. Unter nozizeptiven Schmerzen versteht man Schmerzen, die durch eine direkte Irritation spezieller Rezeptoren hervorgerufen werden. Neuropathische Schmerzen entstehen dagegen aus einer Schädigung oder Fehlfunktion des peripheren und zentralen Nervensystems. Darüber hinaus unterscheidet man zwischen somatischen Schmerzen, die ihren Ursprung im Rumpf oder in den Extremitäten haben und viszerale Schmerzen, die aus dem Körperinneren stammen. Nicht immer verhält das Ausmaß der Gewebeschädigung proportional zum Grad des Schmerzempfindens, bzw. besteht nicht immer ein direkter Zusammenhang aus einer Gewebereizung oder -schädigung. Vielmehr wird die wahrgenommene Schmerzintensität durch ein Zusammenspiel von psychologischen, biologischen und

sozialen Faktoren sowie deren Wechselwirkungen beeinflusst, anstatt lediglich das Resultat von neurogenen Reizungen zu sein (Dertwinkel R, Wiebalck A et al. 2002). Aufgrund dessen und weil das subjektive Schmerzempfinden stark von individuellen Aspekten und des Zeitpunktes abhängt, stellt die reproduzierbare Quantifizierung des subjektiven Schmerzempfindens methodisch ein nicht unerhebliches Problem dar. Es ist daher kaum möglich, Schmerzen zu objektivieren. In den meisten Fällen werden zur Messung der Schmerzintensität Ratingskalen wie die visuelle Analog-Skala verwendet, die das aktuelle Schmerzempfinden des Patienten in entsprechende Zahlenwerte übersetzen.

### **3.3.2 Nozizeptiver und neuropathischer Schmerz**

Vor Beginn jeder Schmerztherapie sollte die Form des chronischen Schmerzes hinsichtlich seines Entstehungsmechanismus bestimmt werden. Die Unterscheidung zwischen nozizeptivem und neuropathischen Schmerz stellt eine unerlässliche Voraussetzung dar und beeinflusst maßgeblich den therapeutischen Ansatz und damit auch den Therapieerfolg. Chronische Schmerzzustände, die auf eine Erregung der Nozizeptoren zurückgehen und bei denen periphere sowie zentrale Strukturen der Schmerzleitung intakt sind, werden zu den rein nozizeptiven Schmerzen gezählt. Dahingegen resultieren neuropathische Schmerzen aus einer Schädigung oder Dysfunktion zentraler oder auch peripherer, meist neuraler Systeme des ZNS. Andauernde Schmerzzustände nach einer Entzündung sind ein gutes Beispiel für ein rein nozizeptives, chronisches Schmerzempfinden. Beide Formen haben auf Dauer, durch länger einwirkende Schmerzimpulse auf den Organismus eine biochemische Veränderung zu Folge. Vor allem neuropathische Schmerzen induzieren plastische neurotaktische, irreversible strukturelle Veränderungen (Birbaumer N und F 2003, Baron 2006). Allgemein zeigen sich bei Rückenschmerzen häufig komplexe Mischbilder (mixed pain) aus beiden Schmerzformen (Freynhagen, Baron et al. 2006). So können sowohl nozizeptive Komponenten durch Erregung afferenter Fasern an Gelenken, Muskeln oder Bändern als auch neuropathische Komponenten, z.B. durch eine Kompression und/oder Schädigung des Spinalnerven, für chronische Rückenschmerzen ursächlich sein (Baron R und A 2004).



### **3.3.3 Ausbildung eines Schmerzgedächtnisses**

Die Schmerzdauer hat einen erheblichen Einfluss auf die Heilungstendenz. Akute Schmerzen verlaufen zeitlich limitiert und stellen eine physiologische Schutzfunktion des Körpers dar (Holden und Pizzi 2003). Dieser wichtige Mechanismus ist bei chronischen Schmerzzuständen weitestgehend verloren gegangen (Meßlinger 2003). Hierbei besteht die Gefahr des Überganges der chronischen Schmerzen in ein eigenständiges Krankheitsbild (Holden und Pizzi 2003). Die physiologische Schmerzwahrnehmung kann zur Entwicklung von chronischen Schmerzzuständen führen. Auf diese Weise können über langanhaltende oder sich häufig wiederholende Schmerzreize zu einer Änderung der Reaktionsbereitschaft des peripheren und zentralen Nervensystems führen (Woolf 2004). Als Ursache hierfür sind biochemische und zelluläre Vorgänge bekannt, die zu einer abnorm gesteigerten Empfindlichkeit an Hinterhornneuronen des Rückenmarks führen (Woolf 2004). Es kommt an den Neuronen des Rückenmarks zu einer vermehrten Freisetzung von Glutamat, was eine Abnahme der Reizschwelle und spezielle zelluläre Veränderungen nach sich ziehen mit einer daraus resultierenden Steigerung der Übertragungsstärke. Dies bewirkt, dass bereits schwache Reize eine starke Erregung der Hinterhornneurone auslösen können. Weiterhin konnten im Rahmen dieser Prozesse ebenfalls im Thalamus, im Kortex und im limbischen System neuroplastische Veränderungen nachgewiesen werden. Die Gesamtheit dieser Vorgänge bezeichnet man als die Entwicklung eines „Schmerzgedächtnisses“. Normalerweise bilden sich diese Veränderungen nach Abheilen der Verletzung folgenlos zurück. Bei chronischen Schmerzzuständen hingegen überdauert die herabgesetzte Empfindlichkeit der Neuronen die ursächliche Gewebeverletzung (Sandkuhler 2010).

### **3.4 Schmerzsyndrome der LWS**

Hinsichtlich der Ätiologie lassen sich spezifische (hier liegt eine eindeutig diagnostizierte Ursache vor) von nichtspezifischen Rückenschmerzen (hier liegt weder eine Erkrankung noch eine spezifische Ursache vor) unterscheiden. Es ist wahrscheinlich, dass eine Reihe von unterschiedlichen pathologischen Prozessen für die Entwicklung individueller Symptome verantwortlich sind (Roland und Morris 1983). Hierbei spielen auch psychosoziale Faktoren erfahrungsgemäß eine Rolle. Stress, Angststörungen und Depressionen kommen nicht nur als Ursache, sondern auch als Folge von unspezifischen Rückenschmerzen infrage und haben starken Einfluss auf den Therapieerfolg (Pincus, Burton et al. 2002, Pengel, Herbert et al. 2003, Fayad, Lefevre-Colau et al. 2004). Dennoch existiert bei ungefähr 20% der Patienten, bei initialer Vorstellung eine spezifische organische Ursache, die für die Schmerzsymptomatik verantwortlich ist (Albert, Currie-Jackson et al. 2008). Man geht davon aus, dass es sich bei 80-90% aller Rückenschmerzen um die nichtspezifische Art handelt (Koes, van Tulder et al. 2006). LBP wird hinsichtlich der klinischen Symptomatik als lokales Lumbalsyndrom, bei dem sich die Beschwerden auf den Bereich der LWS beschränken oder als lumbales Wurzelsyndrom bezeichnet, bei dem die lumbalen Schmerzen auch in die untere Extremität ausstrahlen. Beim lumbalen Wurzelsyndrom („leg and back pain“, „sciatica“) werden ätiologisch radikuläre und pseudoradikuläre Wurzelsyndrome unterschieden. Eine andere Bezeichnung für das lumbale Wurzelsyndrom ist „Ischias“, „Ischialgie“ und „Lumboischialgie“. Hingegen können Pseudoradikuläre Schmerzen auch als (lumbo-) ischialgiform bezeichnet werden. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich bei den klinischen Beschwerden um Misch- oder unspezifische Schmerzbilder bei unterschiedlichen morphologischen LWS- Veränderungen (Stebler, Putzi et al. 2001).

#### **3.4.1 Lokales Schmerzsyndrom**

Das lokale Lumbalsyndrom beschreibt Schmerzen unterschiedlicher Herkunft, die sich auf die untere Lumbalregion und das Kreuzbein beschränken und zum Teil mit gürtelförmiger Ausstrahlung einhergehen (Miehlke 2003). Als Schmerzgeneratoren sind hierbei die lateralen Äste der Rr. dorsalis der Spinalnerven zu nennen. Es treten

neben einer lokalen Druckdolenz typische weitere Symptome wie paravertebraler, muskulärer Hartspann, bewegungs- und positionsabhängige Schmerzen und kyphotische Fehlhaltungen auf (Krämer 1986). Die akute Form wird als Lumbago (Hexenschuss) bezeichnet. Hierbei setzen die Symptome ganz plötzlich ein und verlaufen dann akzentuierend (Debrunner 2004). Im Vergleich dazu wird die chronische oder rezidivierende Form in der Literatur als Lumbalgie bezeichnet (Krämer 1986). Aufgrund verschiedener pathologischer Veränderungen der Zwischenwirbelabschnitte können schmerzhaft Verspannungen der lumbalen Rückenmuskulatur, sowie der Gesäß- und dorsalen Beinmuskulatur hervorgerufen werden. Dies kann zum einen durch eine Dauerinnervation in den einzelnen motorischen Einheiten der Rr. dorsales der Spinalnerven bedingt sein und zum anderen durch eine Überbeanspruchung der Rumpfmuskulatur bei Instabilitäten im Bewegungssegment. Ein erhöhter Muskeltonus findet sich vor allem bei einer Reizung der Gelenkkapsel der Facettengelenke, deren Rezeptoren den Muskeltonus mit regulieren.

### **3.4.2 Pseudoradikuläre Symptome**

Pseudoradikuläre Symptome, auch als „lumbospondylogenes Syndrom“ oder „Facettensyndrom“ bezeichnet, zeichnen sich neben dem lokalen lumbalen Schmerz v.a. durch eine diffuse, nicht einem Dermatome zuzuordnende Schmerzprojektion in die untere Extremität aus. Dabei werden die Schmerzen unspezifisch über Myotome oder Head'sche Zonen fortgeleitet (Stebler, Putzi et al. 2001). Mehrheitlich strahlen die Schmerzen dabei in die Gluteal- und Oberschenkelregion, meistens jedoch nicht über die Knieregion nach distal hinaus (Casser, Grifka et al. 2011). Nur in Einzelfällen kommt es zu einer Ausstrahlung bis zum Fuß (McCall, Park et al. 1979, Fairbank, Park et al. 1981). Die auftretenden Schmerzen treten belastungsabhängig auf und haben typischerweise einen stechenden oder brennenden Charakter oder werden als ein „Gefühl des Durchbrechens“ im Rücken, vor allem bei längerem Stehen, Sitzen oder Liegen, sowie bei Tätigkeiten in, nach vorne übergebeugter Körperhaltung, beschrieben. Typischerweise beschreiben die Patienten eine Art „Anlaufsymptomatik“. Dabei sind die Beschwerden morgens nach dem Aufstehen oder nach längerem Sitzen am stärksten und nehmen im Laufe des Tages wieder zu. Neurologischen Defizite, wie

Reflexabschwächung, Sensibilitätsausfälle oder Paresen werden in der Regel nicht beobachtet. Häufig verursachen Reizungen der Facettengelenke die pseudoradikulären Wurzelsyndrome, weshalb man hierbei auch vom sog. „Facettensyndrom“ spricht (Ghormley 1933). Vor allem durch Fehlhaltungen im Bereich der Wirbelsäule, eine ungünstige lumbosakrale Statik oder durch angeborene oder erworbene Fehlstellungen der Facettengelenke selbst, können degenerative und entzündliche Veränderungen mit daraus resultierenden Instabilitäten an den Facettengelenken bis hin zur Pseudospondylolisthesis entstehen (Giles und Taylor 1982, Nachemson 1985). Auch die Iliosakralgelenke können bei entsprechender Reizung für pseudoradikuläre Symptome sorgen, da sie funktionell und neuroanatomisch wie große untere Intervertebralgelenke gesehen werden können. Beim Syndrom der Sakroiliakgelenke (SIG- oder ISG-Syndrom) handelt es sich um einen Sammelbegriff für diverse Pathologien (Cohen 2005), die typischerweise einen lateralen Lumbalschmerz lokal über dem Gelenk verursachen, vor allem in die Leiste, in die Beine sowie Oberschenkel- und Unterschenkelrückseite ausstrahlt und somit einer S1- Ischialgie ähnelt (Wittenberg R, K-R et al. 1990). Um das gereizte Wirbelgelenk oder ISG klinisch ausfindig zu machen, kann sich bei der körperlichen Untersuchung an der lokalen Druckdolenz, ausgelöst durch den Untersucher, orientiert werden. Ursächlich hierfür ist die Schmerzgeneration durch Nozizeptoren der Gelenkkapsel.

### **3.4.3 Radikuläre Symptome**

Als Radikulopathie wird die, auf ein Dermatom bezogene Schmerzausstrahlung, sensible Störung und/oder motorische Lähmung und Reflexausfälle bezeichnet. Die Symptome entstehen durch direkte Reizung der Spinalnerven und betreffen ausschließlich dessen Versorgungsgebiet in einem typischen, dem betreffenden Segment entsprechenden Verlauf. Meist entstehen radikuläre Symptome durch Kompression der Rr. Ventrals der Spinalnerven. Dazu kommt es häufig aufgrund von Bandscheibenläsionen, Foramen- oder Spinalkanalstenosen - die Kompression kann dabei entweder direkt im Spinalkanal, im lateralen Recessus, in seinem Verlauf oder außerhalb des Foramen intervertebrale erfolgen (Benini 1991). Der Schmerzcharakter wird als wechselnd angegeben. Zunächst ist er nozizeptiv und kann bei andauernder

Schädigung des Nervens in einen sekundären, radikulären neuropathischen Schmerz übergehen (Göbel H, Rosenow D et al. 2005). Die Schmerzqualität wird dabei als dumpf, hell oder ziehend beschrieben (Krämer 1986). Neben einer Kompression existieren andere Mechanismen, wie beispielsweise chemische Faktoren, die zu einer Irritation der Nervenwurzel und damit zu radikulären Symptomen führen können. Diese sind am besten mithilfe bildgebender Verfahren nachzuweisen (Olmarker und Rydevik 1991, Olmarker, Rydevik et al. 1993) und lassen sich meist im MRT durch ein lokales Gewebsödem oder einer Schwellung der Nervenwurzel erkennen. Der Grad der morphologischen Veränderung kann mittels bildgebender Diagnostik nachgewiesen werden und steht nicht notwendigerweise im Einklang mit der Beschwerdesymptomatik. Am häufigsten betroffen von einer Irritation sind die Wurzeln der Spinalnerven L4-, L5- oder S1-Wurzel (Börm W, Steiger H et al. 2005).

### **3.5 Konservative Therapiemodalitäten der Lumbalgie/ Lumboischialgie**

Die meisten Patienten, die an einer akuten Episode von LBP leiden benötigen keine medikamentöse oder invasive Therapie (Deyo und Weinstein 2001). Die Beschwerden zeigen sich in der Mehrzahl der Fälle innerhalb von wenigen Wochen vollständig rückläufig (Carey, Evans et al. 1996). Umso mehr stellt die Patientenedukation mit Ernährungsberatung, Gewichtsreduktion, Rückenmuskelkräftigung, Wiederaufnahme der Alltagsaktivität sowie Gesundheitssport einen Grundbaustein der Rückenschmerztherapie dar. Unter all denjenigen Patienten, bei denen diese Maßnahmen jedoch keinen Effekt zeigen, können dennoch die meisten innerhalb des ersten Monats einen deutlichen Rückgang ihrer Beschwerden verzeichnen und wieder an ihren Arbeitsplatz zurückkehren (Pengel, Herbert et al. 2003). Allerdings berichten etwa ein Drittel aller Patienten, die einmal an einer akuten Episode von LBP litten, über zumindest leichte andauernde Beschwerden noch 1 Jahr danach, ein Fünftel sogar über erhebliche Einschränkungen im Alltag (Von Korff und Saunders 1996). In diesen Fällen wird eine medizinische Behandlung notwendig. Dafür stehen verschiedene, invasive und nicht-invasive Therapiemöglichkeiten zu Verfügung, die sich in aktuellen Behandlungsleitlinien wiederfinden lassen.

### **3.5.1 Medikamentöse Schmerztherapie**

Der Einsatz von oralen Analgetika gehört zur Standardtherapie im Rahmen von LBP Beschwerden und sollte evidenzbasiert erfolgen. Als Grundlage empfiehlt sich das standardisierte Stufenschema der WHO (Jage und Jurna 2001). Danach kommen nicht-selektive Nichtsteroidale Antirheumatika (z.B. Ibuprofen, Diclofenac oder Metamizol) alleine oder in Kombination mit möglichst oral-verfügbaren und kurzwirksamen Opioiden (z.B. Tramadol, Tilidin und Naloxon) zum Einsatz. Darüber hinaus können weitere Substanzen dem medikamentösen Therapiekonzept hinzugefügt werden. Häufig verordnet werden neben Muskelrelaxantien, wie beispielsweise Methocarbamol oder Tolperison, vor allem Antikonvulsiva (z.B. Carbamazepin oder Phenobarbital) bei neuropathischen Schmerzen. Des Weiteren konnten bestimmten Antidepressiva wie auch Placebos ein Nutzen bei Rückenschmerzen im Bereich der LWS nachgewiesen werden (Kroenke, Krebs et al. 2008).

### **3.5.2 Physiotherapie und physikalische Therapie**

Die Physiotherapie (ugs. Krankengymnastik) verfolgt das Ziel verschiedene Muskelgruppen, wie z.B. Rumpf-, Bauch- und Rückenmuskulatur zu aktivieren und zu stärken. Eine entsprechende Behandlung sollte allerdings erst bei rückläufigen Schmerzen begonnen werden, um eine evtl. Schmerzpotenzierung durch Reizung sensibilisierter Nervenfasern und eine dadurch bedingte Chronifizierung zu verhindern (Awad und Moskovich 2006, Schöps 2007). Unter anderem kommen folgende therapeutische Maßnahmen im Rahmen einer physiotherapeutischen Behandlung zum Einsatz: Wärme- und Kälteanwendungen, Elektrotherapie (Gleichstrom, diadynamische Ströme, Interferenzstrom, etc.), Massagen, Extensions- oder Traktionsbehandlungen, Chirotherapie und Osteopathie. In besonderen Fällen kann der Einsatz von bestimmten Orthesen indiziert sein (Ogura, Shikata et al. 2003, Airaksinen, Brox et al. 2005, Freynhagen 2006).

### **3.5.3 Lokale Injektionen**

Bei lokalen peripheren Injektionen wird zur Schmerzreduktion die schmerzhafte Region direkt (entweder im Rahmen einer Hautinfiltration in die Head'schen Zonen oder eine tiefere Injektion, z.B. in die Muskulatur bei Myogelosen) mit verschiedenen Medikamenten, vor allem Lokalanästhetika und Steroide infiltriert (Friedrich und Mezei 2009). Im Rahmen des spezifischen Rückenschmerzes werden hier die potenziell schmerzverursachenden Strukturen infiltriert. In Abhängigkeit von der zugrundeliegenden Pathologie werden gezielt unterschiedliche anatomische Strukturen, sowohl aus therapeutischem als auch aus diagnostischem Zweck angespritzt. Dabei kommen Facettengelenksinfiltrationen vor allem bei Facettengelenksarthrosen, periradikuläre Infiltrationen vor allem bei Nervenwurzel-Kompressionssyndromen, Spinalkanalstenosen sowie bei Stenosen im Neuroforamen zum Einsatz. Bei Spinalkanalstenosen finden zusätzlich epidurale Infiltrationen Anwendung. ISG-Infiltrationen werden ausschließlich bei degenerativen Erkrankungen im Bereich des Iliosakralgelenks indiziert (Ackerman und Ahmad 2007, Buenaventura, Datta et al. 2009, Filippiadis und Kelekis 2016).

#### **3.5.3.1 Periradikuläre Therapie**

Bei der periradikulären Schmerztherapie (PRT) bedient man sich dem posterolateralen Zugangsweg. Gibt der Patient gegen Ende der Punktion einen plötzlich einschießenden Schmerz mit Ausstrahlung ins Bein an, so ist die Nadel bereits mit der Nervenwurzel in Kontakt getreten (Jerosch 2009). Nach dem Einbringen der Kanüle und vor der Injektion wird die Nadellage dokumentiert und gegebenenfalls noch durch die Gabe eines Kontrastmittels ergänzt. Die geschliffene Fläche der Nadel sollte bei der Punktion immer in Richtung des Neuroforamens zielen, damit sich die applizierten Wirkstoffe um die Nervenwurzel herum (periradikulär) verteilen können und diese somit vollständig von der Suspension umflossen wird (Günther, Thelen et al. 1996). Anschließend erfolgt ein Aspirationstest, bei dem das Medikament in unmittelbarer Nähe des Foramen intervertebrale appliziert wird, um dort den afferenten Anteil der Spinalnerven (Hinterwurzel) und die Rr. communicantes zu umspülen (Hesiel, Jerosch et al. 2007).

### **3.5.3.2 Facettengelenksinfiltrationen**

Bei der Schmerztherapie der Facettengelenke (Facettenblockade, FGI) wird die Kanüle senkrecht bis zum Knochenkontakt an den Gelenkspalt geschoben, bei Bedarf unter wiederholter CT-Kontrolle. Wenn möglich wird die Kanüle direkt im unteren Recessus positioniert, da dieser weit genug von der Nervenwurzel entfernt liegt. Bedarfsweise kann auch hier mit einer zusätzlichen Kontrastmittel-Injektion die periartikuläre Verteilung des applizierten Wirkstoffes dargestellt werden. Ziel dieser Methode ist es, die Nozizeptoren der Gelenkkapsel zu desensibilisieren, sowie den medialen Ast des R. dorsalis durch ein Lokalanästhetikum zu betäuben, da dieser für die Innervation der Facettengelenke zuständig ist (Günther, Thelen et al. 1996, Eckardt 2011).

### **3.5.3.3 Therapie der Sakroiliakal Gelenke**

Die CT-geführte Schmerztherapie der Sakroiliakal Gelenke (SIT) weist bezüglich des Ablaufs gegenüber der PRT und der Facettentherapie keine wesentlichen Unterschiede auf. Hierbei wird versucht die Nadel möglichst in der Verlaufsrichtung des Gelenkspaltes bis in das kraniale Drittel des ISG vorzuschieben (Silbergleit, Mehta et al. 2001). Aufgrund anatomischer Abweichungen muss der Punktionswinkel bei den einzelnen Patienten individuell festgelegt werden. Bei einem Überhang des Os ilium wird die Einstichstelle der Nadel weiter medial gewählt, um durch eine Stichrichtung nach lateral das ISG zu erreichen, während bei einem geraden Gelenkverlauf des ISG ein nahezu 90° Punktionswinkel erforderlich ist (Williams und Murtagh 2003).

### **3.5.4 Weiterführende minimalinvasive Therapien von Rückenschmerzen**

Nach ausgeschöpften konservativen Maßnahmen sowie bei fehlender absoluter OP-Indikation stehen neben den o.g. Infiltrationstherapien ein paar weitere minimalinvasive Therapieverfahren zur Verfügung (Krämer 2006). Bei der Facettendenervierung werden die Rr. Dorsales der Facettengelenke durch Koagulation, Elektrothermo- oder Kryotherapie gezielt funktionsunfähig gemacht,



sodass keine Schmerzverarbeitung über ihre C-Fasern mehr stattfinden kann (Jerosch 2009). Sie wird hauptsächlich als Option, nach erfolgreicher diagnostischer Facetteninfiltration mit länger dauernder Wirkung angewendet. Bei einer periduralen Therapie wird ein Katheter in den Periduralraum eingebracht, über den eine akute Analgesie im Sinne eines Single-Shots oder einer Dauerbehandlung (z.B. bei der Katheterbehandlung nach RACZ: epidurale Neuroplastie) erfolgen kann. Auf diese Weise erreicht man eine reversible Analgesie im Versorgungsgebiet der medikamentös umfluteten Nervenwurzel (Jerosch 2009). Mit perkutanen lumbalen intradiskalen Therapien möchte man durch eine Volumenreduzierung von Bandscheibenprotrusionen und Vorfällen, eine Dekompression gereizter Nervenwurzeln erreichen. Dafür werden Kortison, Chymopapain oder Anti-Interleukin I direkt in die Bandscheibe injiziert. Bei der perkutanen lumbalen Diskotomie wird Bandscheibenmaterial über eine weitleumige Kanüle in kleinen Portionen entfernt. Bei der perkutanen lumbalen Lasertherapie wird versucht Bandscheibenmaterial durch einen Laser zu vaporisieren. Bei der sog. IDET-Methode (intradiskale elektrothermale Therapie) hingegen werden Nozizeptoren im hinteren Teil des Anulus ausgeschaltet (Schulitz, Assheuer et al. 1999, Krämer 2006, Eckardt 2011).

Bei Versagen der konservativen Therapieoptionen bleibt bei einigen Patienten mit spezifischem chronischem Rückenschmerz aufgrund von degenerativen Veränderungen und einem entsprechenden Leidensdruck oder bei ausgeprägten neurologischen Ausfällen nur die operative Behandlung. Diese wird jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht detailliert dargestellt.

### **3.6 Entwicklung der CT-gesteuerten Infiltrationstherapie**

Alle o.g. Therapieverfahren können sowohl mit als auch ohne bildgebende Kontrolle durchgeführt werden. Lange Zeit wurde anhand von anatomischen Landmarken die vermeintlich schmerzverursachende Struktur identifiziert und anschließend infiltriert (Gronemeyer, Seibel et al. 1995, Buenaventura, Datta et al. 2009). Heute bedient man sich im klinischen Alltag fast ausschließlich bildgebender Verfahren, um eine präzisere Infiltration am Zielort zu gewährleisten. Hierbei stellt die herkömmliche Sonographie eine strahlenschonende bildgebende Methode da, die vor allem im Rahmen von Facettengelenkspathologien zufriedenstellende Resultate liefert. Durchgesetzt haben

sich jedoch Bildwandler-, MRT- und vor allem CT-gestützte Verfahren. Das MRT liefert zwar eine hochauflösende und detailgenaue Darstellung von nervalen Strukturen und stellt aufgrund seiner strahlenschonender Wirkweise ein gut geeignetes bildgebendes Verfahren da, ist jedoch im klinischen Alltag nicht uneingeschränkt verfügbar und daher nicht das Mittel der 1. Wahl (Streitparth, Walter et al. 2010). Studien konnten zeigen, dass vor allem die CT-gestützten Infiltrationen signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zu Verfahren ohne bildgebender Kontrolle liefern und Patienten so besser vor operativen Eingriffen und langanhaltenden Schmerzen und Funktionsstörungen bewahren konnten (Deml, Buhr et al. 2015).

Schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts werden Analgetika epidural injiziert, um Lumbalgien und radikuläre Schmerzsyndrome zu behandeln. Damals waren Sicard und Cathelin im Jahre 1901 die ersten beschriebenen Ärzte (Yates 1978, Zarghooni, Rashidi et al. 2015). Allerdings bestanden zu dieser Zeit Vermutungen, dass dieses Verfahren bereits im Jahre 1885 von Corning angewandt wurde (Zarghooni, Rashidi et al. 2015). In den dreißiger Jahren entstanden erstmals standardisierte Behandlungspläne zur Anwendung epiduraler Injektionen größerer Mengen Kochsalzlösung, Ringerlösung und verdünnter Lokalanästhetika zur Therapie von Patienten mit degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen. Diese Methoden waren im Wesentlichen auf Evans im Jahre 1930 und Kelman im Jahre 1944 zurückzuführen (Evans 1930, LaMont, Morawa et al. 1976, Gronemeyer, Seibel et al. 1995, McLain, Kapural et al. 2005, Zarghooni, Rashidi et al. 2015) und wurden von Reischauer weiterentwickelt, der seine Methode erstmals 1951 veröffentlichte (Quinn, Murtagh et al. 1988). Im Jahre 1955 beschrieb Boudin erstmals die epidurale Injektion von Steroiden (Yates 1978). Dabei wurden zunächst Hydrocortison und später Methylprednisolon in aufsteigenden Dosierungen mit unterschiedlichem therapeutischem Effekt verabreicht. Die angewandte Dosis betrug zwischen 40 – 120mg und die Erfolgsrate zwischen 20 – 98%. Diese Methoden wurden in der Folgezeit durch zahlreiche Arbeitsgruppen, unter anderem durch Krämer, weiterentwickelt. Es wurden Kochsalzlösungen, Lokalanästhetika und Kortikosteroide in unterschiedlichster Dosis und Zusammensetzung eingesetzt (Gronemeyer, Seibel et al. 1995, Krämer 2006). Nachdem mehrere Studien den Nutzen durchleuchtungsgesteuerter Vorgehensweisen nachweisen konnten (White, Derby et al. 1980, White 1983, el-Khoury, Ehara et al. 1988), führten Grönemeyer und Seibel im Jahr 1986 die Computertomographie als Steuerungsgerät für Behandlungssonden

ein (Seibel, Grönemeyer et al. 1989, Gronemeyer, Seibel et al. 1995). Erste Studien (Lippitt 1984, Seibel, Grönemeyer et al. 1989, el-Khoury und Renfrew 1991, Gronemeyer, Seibel et al. 1995) haben bis dato gute, wenn auch stark voneinander abweichende Behandlungsergebnisse bei therapeutischen Facettenblockaden und periradikulären Infiltrationen gezeigt. So erscheint in Anbetracht der zugrundeliegenden komplexen Schmerzsymptomatik, der ausgeprägten volkswirtschaftlichen und epidemiologischen Bedeutung, der kontinuierlich steigenden Inzidenz von degenerativen LWS-Erkrankungen und insbesondere den steigenden Operationszahlen an der Lendenwirbelsäule aufgrund degenerativer Erkrankungen eine weitere Evaluation des Therapieerfolgs von CT-gestützten Infiltrationstherapien unerlässlich.

### **3.7 Therapeutischer Wert von Infiltrationen an Facettengelenken und Nervenwurzeln**

Basierend auf einem anti-inflammatorischen, antiödematösen und immunsuppressiven Effekt sowie der Inhibition der neuronalen Übertragung innerhalb der C-Fasern zeigen Infiltrationen mit Lokalanästhetika und Steroiden bei lumbaler und radikulärer Schmerzsymptomatik laut Studienlage gute bis sehr gute Ergebnisse in der Schmerztherapie (Johansson, Hao et al. 1990, Schleifer, Fenzl et al. 1994, Benny und Azari 2011, Falco, Manchikanti et al. 2012). Weiterhin stellt die CT-gestützte Infiltrationstechnik eine präzise und reproduzierbare Therapieoption bei gleichzeitiger Reduktion der potentiellen Komplikationsrate dar (Kelekis, Somon et al. 2005, Lee, Lin et al. 2005, Santiago, Kelekis et al. 2014). Dennoch scheint noch unklar zu sein, ob die Beimengung von Steroiden bei Infiltrationen vor allem an Facettengelenken wirklich Sinn macht. Der zusätzliche Effekt gegenüber Lokalanästhetika muss bei näherer Betrachtung durchaus kritisch gesehen werden. Wenn überhaupt scheinen sie einen Einfluss auf die Wirkdauer im Rahmen von Nervenwurzelinfiltrationen zu zeigen (Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Ghahreman, Ferch et al. 2010). Trotz der nachgewiesenen Wirksamkeit der Infiltrationsverfahren ist in den letzten Jahren die Zahl der Wirbelsäulenoperationen rapide gestiegen. Laut einer Studie der Bertelsmann Stiftung konnte aufgrund vielfältiger Faktoren eine Zunahme an Wirbelsäulenoperationen in Deutschland zwischen 2005 und 2017 um 71%

verzeichnet werden (Zich und Tisch 2017). Therapeutische Alternativen zur Operation bleiben daher volkswirtschaftlich bei chronischen Rückenschmerzpatienten extrem wichtig, um ggf. diesem Trend zu begegnen. Jedoch steigen gleichzeitig auch die Zahlen der Infiltrationsbehandlungen und das noch stärker als die, der Operationen (Carrino JA, Morrison WB et al. 2002, Friedly J 2007, Friedly J, Chan L et al. 2008, Manchikanti L, Pampati V et al. 2010, Manchikanti L, Pampati V et al. 2013). So stieg allein in den USA zwischen 1993 und 1999 die Zahl der Facettengelenksinfiltrationen um 147% und dann von 1998 bis 2006 um weitere 300% (Deyo RA, Mirza SK et al. 2009, Manchikanti L, Pampati V et al. 2010). Dies hatte in den USA zur Folge, dass aufgrund spinaler Infiltrationen die Gesundheitskosten zwischen 1994 und 2001 für degenerative LWS-Erkrankungen um 629% stiegen (Deyo RA, Mirza SK et al. 2009). Für Deutschland liegen zwar diesbezüglich keine genauen Zahlen vor, man muss jedoch mit ähnlichen Dimensionen rechnen. Einerseits werden zwar Infiltrationstherapien im Bereich der Lendenwirbelsäule häufig als diagnostisches Instrument zur Evaluierung des anschließenden operativen Vorgehens oder vor Denervierungen eingesetzt (Lee, Lin et al. 2005, Filippiadis und Kelekis 2016), was einen Teil des Anstieges erklärt. Andererseits werden die Infiltrationen aufgrund der zumindest zeitweisen guten Wirkung und des geringen Nebenwirkungsprofils häufig und wiederholt mit therapeutischer Absicht als Alternative zur Operation genutzt. Bisher ist jedoch nicht klar, wie sich die Wirkdauer hinsichtlich der infiltrierten pathoanatomischen Struktur (Nervenwurzel vs. Facettengelenk) verhält. Bislang wurden häufig PRTs und FGLs im Rahmen eines Therapieschemas im Verlauf miteinander kombiniert oder es wurden beide Verfahren gemeinsam postinterventionell evaluiert (Staal JB, de Bie R et al. 2008). Der therapeutische Nutzen beider Methoden wurde erstmals von Tajima et al. beschrieben (Tajima, Furukawa et al. 1980). Seither sind zahlreiche Studien entstanden, die sich mit dem kurz- und langfristigen therapeutischen Nutzen von PRTs beschäftigt haben. Eine kürzlich veröffentlichte randomisierte kontrollierte Arbeit mit 160 Patienten hat gezeigt, dass die Schmerzreduktion durch eine einzelne Infiltration nicht länger als vier Wochen anhält. Dagegen lieferten Lutz et al, Riew et al. und Vad et al. Langzeitergebnisse, die zwar mehrfache Infiltrationen pro Patienten beinhalteten, jedoch auch einen längerfristigen therapeutischen Nutzen beschrieben (Lutz, Vad et al. 1998, Riew, Yin et al. 2000, Vad, Bhat et al. 2002). Darüber hinaus schlussfolgerte die Arbeitsgruppe aufgrund ihrer Ergebnisse, dass ein lediglich kurzfristiger Therapieerfolg wiederum

sogar den Erfolg einer anschließenden OP erhöhen würde. Eine Übersichtsarbeit von Staal et al. aus dem Jahr 2011 analysierte 18 Studien (mit 1.179 Studienteilnehmern) hinsichtlich der Wirksamkeit der einzelnen Therapien bei epiduraler, periradikulärer und lokaler Infiltrationen sowie Facettengelenksblockaden bei subakuten und chronischen Lumboischialgien (Staal, Bie et al. 2011). Einschlusskriterien waren ein Alter von 18-70 Jahren und länger als 1 Monat anhaltende Beschwerden. Die Arbeit konnte zu keinem schlüssigen Ergebnis kommen, da die in den Studien verwendeten Behandlungsmethoden sowie deren Ergebnisse sich zum Teil erheblich unterschieden. In Anbetracht der diskrepanten Datenlage aus der Übersichtsarbeit von Staal et al. wird deutlich, dass eine detaillierte Analyse der einzelnen Verfahren sowie deren mögliche Einflussfaktoren auf den Therapieerfolg und vor allem der Vergleich der Verfahren untereinander von großer Bedeutung ist.

## **4 Zielstellung und Hypothesen**

Aufgrund des im letzten Kapitel dargestellten Sachverhaltes hat die vorliegende Studie das primäre Ziel die Unterschiede der Wirkdauer und –stärke der Verfahren Facettengelenkinfiltration (FGI) und periradikuläre Therapie (PRT) zu untersuchen und gegenüberzustellen um die Wertigkeit beider Verfahren in Bezug auf die therapeutische Absicht zu prüfen. Sekundär soll eine präzise Analyse des Einflusses beider Verfahren auf den Bereich Schmerz, Lebensqualität sowie Zufriedenheit untersucht und so der prädiktive Wert für den Erfolg der Infiltrationstherapie mitevaluiert werden. Dies soll einerseits dazu dienen gegebenenfalls überflüssige Infiltrationsbehandlungen durch bessere Indikationsstellungen zu vermeiden und andererseits gegebenenfalls überflüssige Operationen durch bessere Bewertung der therapeutischen Möglichkeiten der Verfahren zu umgehen. Folgende Hypothesen dienten der Untersuchung als Grundlage:

1. Die Wirksamkeit der CT-gestützten Infiltrationsbehandlung bei Nervenwurzelkompression hinsichtlich (a) Schmerzlinderung und (b) Funktionsverbesserung ist besser als die bei Facettengelenkarthrose.
  
2. Die Wirksamkeit der CT-gestützten Infiltrationsbehandlung bei Nervenwurzelkompression hinsichtlich (a) Verbesserung der Lebensqualität und (b) Zufriedenheit ist besser als die bei Facettengelenkarthrose.

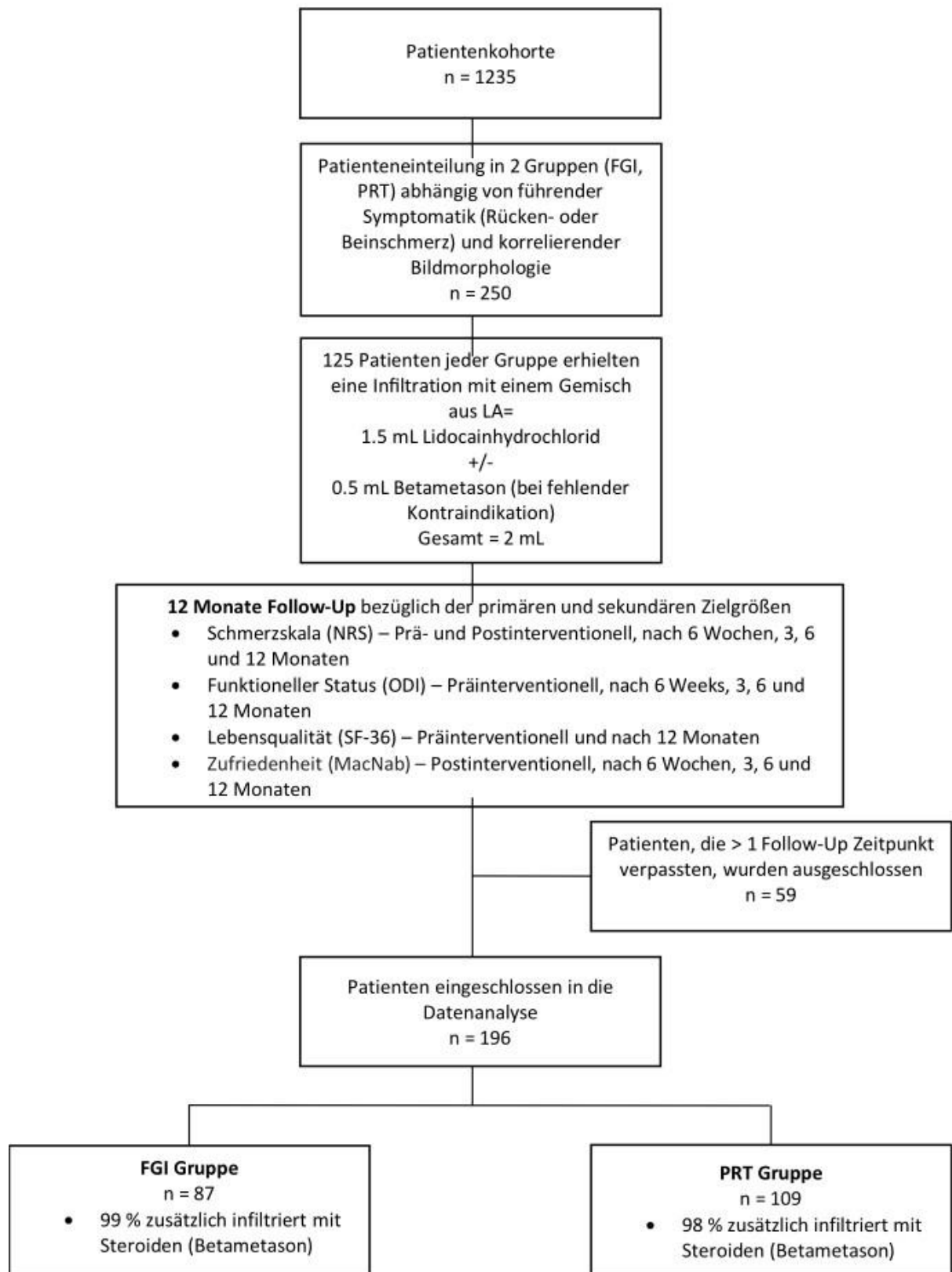
## **5 Methodik**

### **5.1 Studiendesign und Ethik**

Zum Vergleich des Outcomes von CT-gestützten Facettengelenkinfiltrationen und Nervenwurzelinfiltrationen (PRT) im Bereich der LWS wurden in den Waldkliniken Eisenberg GmbH 1235 konsekutive Patienten im Rahmen einer prospektiven nicht-randomisierten und nicht verblindeten Studie gescreent und basierend auf den Einschluss- und Ausschlusskriterien 250 Patienten für diese monozentrische prospektive nicht-randomisierte nicht verblindete Studie selektiert (Flow-Chart, siehe Abb. 1). Alle Patienten wurden im Vorfeld der Studie vor Einschluss über diese ausführlich informiert und aufgeklärt. Alle teilnehmenden Patienten willigten ein, dass Ihre Daten und Bilder im Rahmen der Studie und der hieraus resultierenden Publikationen verwendet werden dürfen. Die Daten wurden pseudonymisiert gespeichert und analysiert. Die Zustimmung der Ethik Kommission des Universitätsklinikums Jena liegt unter der Nummer 5487-3/18 vor. Die Studie wurde unter Beachtung der Deklaration von Helsinki 1975 durchgeführt.

### **5.2 Kalkulation der benötigten Stichprobengröße (Power-Analyse)**

Die Fallzahl wurde anhand der statistischen Kenngrößen der klinischen Outcomescores einer Probekohorte kalkuliert. Die Effektsize für die Poweranalyse bezogen auf eine 2-seitige 2-way-ANOVA mit 4 Messwiederholungen wurde so auf 0,12 festgelegt. Bei einem  $\beta$  von 0,2 und einem  $\alpha$  von 0,05 ergab sich eine notwendige Gruppengröße von 86 Patienten. Bei einem angenommenen eher konservativ kalkulierten Dropout nach einem Jahr von 45% ergab sich eine Gesamtgruppengröße von ca. 125 Patienten pro Gruppe.



**Abb. 1** Schematische Darstellung des Studiendesigns im Rahmen des 12-monatigen Follow-Ups.

FGI – Facettengelenksinfiltration; PRT – Periradikuläre Infiltration



### 5.3 Patienten und Gruppen

Die in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden aus der Ambulanz des medizinischen Versorgungszentrums oder aus der Notfallambulanz der Waldkliniken Eisenberg GmbH rekrutiert. Die Einschlusskriterien waren Patienten mit einem Alter > 18 Jahren mit vorwiegend lumbalen Rückenschmerzen oder vorwiegend monoradikulären Beinschmerzen nach Versagen einer strukturierten nicht-invasiven Behandlung mit Schmerzmitteln und Physiotherapie über 12 Wochen (chronische Schmerzen). Gleichzeitig sollte als potentielle Beschwerdeursache bei radikulären Symptomen eine bildmorphologisch (MR-tomographisch) gesicherte monosegmentale Nervenwurzelkompressionen (verursacht durch Bandscheibenvorfall, Recessus- oder Neuroforamenstenose) vorliegen. Bei Patienten mit vorwiegend lumbalen Schmerzen sollte wiederum eine monosegmentale lumbale Segmentdegeneration (Bandscheibendegeneration, Osteochondrose, degenerative Spondylolisthese) mit Spondylarthrose Fujiwara > 3° (Strong, Ashton et al. 1991) im MRT nachgewiesen worden sein. Darüber hinaus sollten alle Patienten geistig und körperlich zur Einverständniserklärung und Bearbeitung der Fragebögen fähig sein. Ausschlusskriterien waren (1) Voroperationen im betroffenen Wirbelsäulensegment, (2) multisegmentale Pathologien in der MRT der Lendenwirbelsäule sowie (3) bilateral bestehende radikuläre Beschwerden. (5) Weiterhin wurden Patienten, bei denen krankheitsbedingt das peri-interventionelle Risikoprofil erhöht war ausgeschlossen. Hierzu zählten insbesondere ein unzureichend eingestellter Diabetes mellitus, die Einnahme von oralen Antikoagulantien, pathologische Blutgerinnungswerte, erhöhte laborchemische Infektparameter (Leukozytose, CRP-Erhöhung) und bekannte Infektionen und/oder Tumorerkrankungen. (6) Patienten, bei denen aufgrund akuter schwerwiegender neurologischer Ausfälle (Paresen >3/5 nach Janda, Konus-Kauda-Syndrom o.ä.) eine absolute OP-Indikation bestand, wurden ebenfalls in der vorliegenden Arbeit ausgeschlossen. (7) Zusätzlich wurden Patienten, die beschränkt geschäftsfähig oder geschäftsunfähig waren und bei denen die technischen Voraussetzungen zur telefonischen Befragung nicht gegeben waren von der Studie ausgeschlossen, ebenso wie (8) Patienten mit bekannter Allergie gegen Lokalanästhetika oder Kortikosteroide.

Die Patienten wurden in Abhängigkeit der führenden Beschwerden (lumbale oder radikuläre Beschwerdesymptomatik) konsekutiv zwei Gruppen zugeordnet. Patienten

mit vordergründig lumbalen Schmerzen erhielten eine Facettengelenksinfiltration (FGI-Gruppe), Patienten mit vordergründig radikulären Schmerzen erhielten eine Nervenwurzel Infiltration (PRT-Gruppe).

## **5.4 Periinterventionelles Setup**

Im Falle der freiwilligen Studienteilnahme und nach Aufklärung über diese erhielten alle Patienten zunächst im Rahmen des stationären Aufenthaltes die entsprechenden Fragebögen. Es erfolgte ein insgesamt 3-tägiger Krankenhausaufenthalt. Am 1. Tag erfolgte die stationäre Aufnahme, Laboruntersuchung, ggf. Komplettierung der Bildgebung, Aushändigung der Fragebögen sowie die nochmalige ärztliche Untersuchung und ärztliche Kontrolle der Röntgen-, MRT- und Laborbefunde und Aufklärung über die geplante Intervention. In Zusammenschau der Befunde erfolgte am 2. Tag die gezielte Nadelpunktion im Bereich der Lendenwirbelsäule (betroffener Nerv oder betroffene Facettengelenke) im Rahmen der mikroinvasiven, CT-gestützten Wirbelsäulen-Schmerztherapie. Anschließend erfolgte die klinische Überwachung der Patienten bis zum Folgetag, sodass sie i.d.R. unsere Einrichtung am 3. Tag verlassen konnten. Nach Entlassung arbeiteten die Berufstätigen weiter oder kehrten nach Möglichkeit zur Arbeit zurück. Alle Patienten setzten die analgetische Therapie fort, allerdings im Allgemeinen auf einem postinterventionell niedrigeren Niveau. Medikamente oder Dosierungen wurden je nach Notwendigkeit geändert oder abgesetzt, wenn sie nicht mehr benötigt wurden. Über das Protokoll hinaus wurden weder eine zusätzliche Physiotherapie, Beschäftigungstherapie noch andere Interventionen angeboten.

## **5.5 Ablauf der Intervention**

### **5.5.1 Die minimalinvasive CT-gestützte Facettengelenksinfiltration (FGI)**

Alle Patienten wurden unter sterilen Bedingungen in Bauchlage auf dem Tisch des Computertomografen (© 2019 GENERAL ELECTRIC COMPANY Healthcare, Brightspeed, USA) behandelt. Alle Interventionen wurden standardisiert von einem Arzt (CL) durchgeführt. Eine präinterventionelle orale medikamentöse Sedierung des

Patienten wurde bedarfsgerecht durchgeführt. Bei der FGI erfolgte die Nadelpositionierung (2x Einmalkanüle 1x120mm, Fa. TSK LABORATORY, Niederlande) (Abb. 3) nach entsprechender CT-gestützter Markierung (Abb. 2) direkt an die betroffenen Facettengelenke. Bezugnehmend auf die Einschlusskriterien (monosegmentale Pathologien) wurde ausschließlich das betroffene Facettengelenkspaar infiltriert. Anschließend wurden die Nadelpositionierungen computertomografisch kontrolliert (Abb. 4 und 5) und ggf. korrigiert. Im Falle einer korrekten Lage der Nadel erfolgte die anschließende Applikation des LA/Steroid-Gemisches. Die Nadel wurde im Anschluss wieder entfernt und ein Pflaster auf die Punktionsstelle appliziert.



**Abb. 2.** Patientin in Bauchlage, CT-gestützte Markierung



**Abb. 3.** Unter sterilen Bedingungen erfolgt anschließend die Nadelpositionierung



**Abb. 4.** Darstellung der korrekten Nadelpositionierung in der Computertomografie in Bauchlage. Hier dargestellt im Bereich der Facettengelenke L4/5.



**Abb. 5.** Darstellung der korrekten Nadelpositionierung in der Computertomografie in Bauchlage. Hier dargestellt im Bereich des linken Neuroforamens L5/S1.

### 5.5.2 Die minimalinvasive CT-gestützte Nervenwurzelinfiltration (PRT)

Analog zur FGI erfolgte die PRT in Bauchlage auf dem Tisch des Computertomografen. Auch hier wurden alle Interventionen standardisiert von einem Arzt (CL) durchgeführt und eine präinterventionelle orale medikamentöse Sedierung des Patienten bedarfsadaptiert. Es erfolgte die Nadelpositionierung (1x Einmalkanüle 1x 120mm, Fa. TSK LABORATORY, Niederlande) nach entsprechender CT-gestützter Markierung direkt an das Neuroforamen aus dem die betroffene Nervenwurzel den Spinalkanal verlässt. Anschließend wurden die Nadelpositionierungen computertomografisch kontrolliert und ggf. korrigiert. Im Falle einer korrekten Lage der Nadel erfolgte die anschließende Applikation (Abb. 6) des LA/Steroid-Gemisches bzw. die alleinige Applikation eines LA bei bestehender Kontraindikation gegen eine Steroidgabe. Dabei wurde das Medikament um die betroffene Nervenwurzel gespült. Das Eindringen in den Epiduralraum wurde vermieden.



**Abb. 6.** Applikation des Infiltrationsgemisches nach Kontrolle der korrekten Lage der eingebrachten Nadeln

## **5.6 Medikamente**

### **5.6.1 Lokalanästhetika**

Lokalanästhetika führen zu einer reversiblen Blockade peripherer Nerven und sind gebräuchlich bei der örtlichen Betäubung im Rahmen einer Leitungs- oder Infiltrationsanästhesie oder einer peripheren Nervenblockade. Sie erlauben eine selektive und voll reversible Blockade der neuronalen Erregungsleitung durch Beeinflussung der spannungsabhängigen, schnellen Natriumkanäle (Liu 1996, Bruchhausen, Fülgraff et al. 2004). Der Zeitpunkt des Wirkungseintrittes und die Wirkstärke hängen vom Typ der betroffenen Nervenfaser, der Höhe der applizierten Dosis und von der Art des verwendeten Lokalanästhetikums ab (Striebel 2009). Eine niedrige Dosierung des ist ausreichend zur reversiblen Schmerzreduktion und reduzierten Erregbarkeit an den Nozizeptoren und afferenten Schmerzfasern sowie zur reversiblen Blockierung der dünnen sensiblen A-Gamma- und C-Fasern (Krämer 2006). Entsprechend ihrer chemischen Struktur werden Lokalanästhetika vom Ester- und Amid-Typ unterscheiden. In der CT-gestützten Schmerztherapie werden ausschließlich Lokalanästhetika vom Amid-Typ mit Langzeitwirkung und einer Wirkzeit

von etwa 6-8 Stunden verwendet (z.B. Lidocain, Bupivacain, Ropivacain, Etidocain). Bei der Infiltrationstherapie der Facettengelenke hat die Verwendung von Lokalanästhetika einerseits den Zweck, die zum Teil sehr schmerzhaft Infiltration des Kortisons, in oder an das entsprechende Gelenk zu lindern. Andererseits kann das Lokalanästhetikum bei sofortiger Beschwerdelinderung als positive Direktkontrolle oder als alleiniges Therapeutikum bei der Infiltration verwendet werden. Therapieziel ist die Betäubung der gereizten Facettengelenke bzw. der versorgenden Spinalnerven und die Durchbrechung des sogenannten Circulus vitiosus bei neurogenen Entzündungen (Onda, Yabuki et al. 2001). Die Heraufsetzung der Reizschwelle führt zu einer verminderten Ausschüttung von Neuropeptiden (Substanz P, CGRP), die den Entzündungsprozess durch eine Interaktion mit Entzündungszellen und einer daraus resultierenden vermehrten Prostaglandin- und Zytokinproduktion unterhalten (Zimmermann 2004). Diverse Studien belegen zudem eine direkte antiinflammatorische Komponente der Lokalanästhetika (Hollmann und Durieux 2000, Cassuto, Sinclair et al. 2006). Bei der Durchführung einer FGI oder PRT wurden die Studienteilnehmer ausschließlich mit 1,5-2 ml Lidocainhydrochlorid (Xylocitin® 1%), behandelt. Potentielle Nebenwirkungen sind: allergische Reaktionen (von leichter lokaler Rötung bis hin zum Bronchospasmus oder anaphylaktischem Schock); und Herzrhythmusstörungen. Zudem ist eine intravasale Injektion absolut kontraindiziert wegen der Gefahr des medikamenteninduzierten Herzstillstands. Weiterhin ist ein möglicherweise erhöhtes Sturzrisiko, aufgrund einer Affektion der motorischen Fasern der Nervenwurzeln, insbesondere bei älteren Patienten, zu beachten.

### **5.6.2 Glucokortikoide**

Die Verwendung von Glucokortikoiden beabsichtigt im Rahmen der CT-gestützten minimalinvasiven Schmerzbehandlung an der Wirbelsäule insbesondere eine antiphlogistische Wirkungskomponente, welche vor allem durch Hemmung der Phospholipase A2 und einer verminderten Prostaglandinsynthese erzielt wird. Dadurch können sich entzündliche Veränderungen und eine oftmals bestehende ödematöse Schwellung an der Nervenwurzel zurückbilden (Silbernagel S und A 2007). Einzelne Untersuchungen gehen von einer zusätzlichen lokalanästhetischen Eigenwirkung der Kortikoide aus (Bush und Hillier 1991). Lipotalon® (Betametason)

scheint durch seine hohe Rezeptorenaffinität zudem eine analgetische Wirkkomponente zu haben (Kisli, Baser et al. 2005). Als Präparat wurden in der vorliegenden Studie 0,5 ml Lipotalon® (Betametason) verwendet. Mit systemischen, unerwünschten Arzneimittelwirkungen durch die lokale Kortisongabe ist eher nicht zu rechnen, da die verwendete Dosis aufgrund der exakten Platzierung gering ist. Dennoch müssen die folgenden, teilweise relativen Kontraindikationen beachtet werden: Schwangerschaft, Stillzeit, Magen- und Darmulzera, Osteoporose, Myasthenia gravis, Psychosen, Glaukom, systemische Mykosen, Viruserkrankungen und kürzlich durchgeführte Impfungen.

## **5.7 Datenerhebung und klinische Fragebögen**

### **5.7.1 Epidemiologische personenbezogene Daten**

Bei der Erstbefragung der Patienten wurden zusätzlich die Stammdaten mit Geschlecht, Alter, Gewicht, Schmerzmitteleinnahme und Segmenthöhe der LWS-Pathologie erfasst.

### **5.7.2 Numerische Ratingskala (NRS)**

Die Numerische Ratingskala gilt neben der visuellen Analogskala (VAS) als Standardmessinstrument in Studien, die sich mit chronischen Schmerzen beschäftigen und scheinen anderen Scores hinsichtlich der Erfassung von chronischen Rückenschmerzen überlegen (Farrar, Young et al. 2001). Die Patienten können dabei ihren subjektiv empfundenen Schmerz auf einer eindimensionalen Schmerzskala einordnen. Hierzu wird der Patient aufgefordert, seine Schmerzen auf einer Skala von 0-10 zuzuordnen. "10" steht für "Stärkste vorstellbare Schmerzen", "0" für "Kein Schmerz". Die Schmerzeinordnung erfolgte aufgrund der besseren Reproduzierbarkeit im Rahmen der telefonischen Befragung der Studienteilnehmer mit Hilfe der NRS. In der vorliegenden Studie wurde die Schmerzintensität mit Hilfe der NRS an verschiedenen Schmerzlokalisationen abgefragt. Zunächst erfolgte die Befragung der Gesamtschmerzwahrnehmung ( $NRS_{gesamt}$ ) der Patienten. Dabei schließt der Fragebogen zur Schmerzerfassung ( $NRS_{gesamt}$ ) die subjektive



Wahrnehmung des Patienten über den Rücken- und Beinschmerz ein und spiegelt die dominierende Schmerzlokalisierung (LBP oder LEP) wider. Anschließend wurden (falls vorhanden) der Rückenschmerz ( $NRS_{\text{Rücken}}$ ) und (falls vorhanden) der Beinschmerz ( $NRS_{\text{Bein}}$ ) einzeln abgefragt.

### 5.7.3 Oswestry disability index (ODI)

Der Oswestry Disability Index (ODI) wurde im Jahr 1976 von John O'Brien initiiert und mithilfe von Interviews mit Kreuzschmerz-Patienten entwickelt. 1980 publizierten O'Brien et al. eine erste Version des Fragebogens, die seitdem mehrfach modifiziert wurde (Fairbank und Pynsent 2000, Fairbank 2014). Mittlerweile ist der ODI ein häufig eingesetzter Fragebogen zur Erfassung des funktionellen Status und der Lebensqualitätseinschränkung bei Patienten mit Kreuzschmerzen oder Rückenmarkserkrankungen und -verletzungen in Forschung und Klinik (Hays, Sherbourne et al. 1993, Saltychev, Mattie et al. 2017). Zudem wird der ODI in klinischen Registern geführt wie z.B. dem Wirbelsäulenregister der deutschen Wirbelsäulengesellschaft (<https://www.dwg.org/wirbelsaeulenregister/das-wirbelsaeulenregister/>). Die aktuelle Version des ODI ist die Version 2.1.a, die ebenfalls in der vorliegenden Arbeit benutzt wurde (Saltychev, Mattie et al. 2017). Der ODI umfasst 10 Items und fragt dabei Funktionseinschränkungen bei verschiedenen Tätigkeiten des täglichen Lebens ab. Unter anderem werden Sexualleben (optional), Schmerzintensität, Körperpflege, Gehen, Schlafen, Gesellschaftliches Leben und Reisen vom Patienten beurteilt (siehe Anhang). Zusätzlich wurde der Fragebogen für viele verschiedene Sprachen und Kulturen angepasst und validiert (u.a. Deutsch, Französisch, Chinesisch, brasilianisches Portugiesisch, Arabisch, Türkisch, Polnisch...). Das Ausfüllen des Fragebogens dauert ungefähr 3-5 Minuten (Fairbank 2014). Jede Frage kann auf einer Skala von 0-5 beantwortet werden, wobei eine 5 eine maximale Beeinträchtigung bedeutet. Aus ermittelten Punkten wird eine Summe gebildet, die dann durch den Maximalwert (50 Punkte) geteilt wird. Bleibt nur eine Frage unbeantwortet, sinkt der Maximalwert entsprechend auf 45 Punkte und der Score kann normal ausgewertet werden (Fairbank und Pynsent 2000).

Der errechnete Wert wird mit 100 multipliziert, um ein Ergebnis in Prozentpunkten zu erreichen. Die Autoren der aktuellsten Version des ODI empfehlen, das prozentuale Endergebnis auf ganze Zahlen auf- bzw. abzurunden (Fairbank und Pynsent 2000).

Nach erfolgter Auswertung wird das prozentuale Ergebnis wie folgt interpretiert:

0 – 20 %: leichtgradige Behinderung

20 – 40 %: mittelgradige Behinderung

40 – 60 %: starke Behinderung

60 – 80 %: invalidisierend

80 – 100 %: bettlägerig oder funktionelle Störung

#### **5.7.4 SF-36 Fragebogen: Körperliche Gesundheit (PCS) und Psychische Gesundheit (MCS)**

Der SF-36 Fragebogen (Short Form Health 36) Version 1 ist eine Weiterentwicklung des Short-Form 20-Scores der Medical Outcomes Study (MOS) aus dem Jahre 1988 (Stewart, Hays et al. 1988, Stewart, Greenfield et al. 1989, Ware, Kosinski et al. 1998). Für die vorliegende Studie wurde die deutschsprachige Version des SF-36 (Frage 1.3., Copyright New England Medical Center Hospitals, Inc., 1992) verwendet (siehe Anhang). Der SF-36 ist einer der etabliertesten Scores zur Beurteilung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der Medizin und wurde bereits in zahlreichen Studien in seiner Aussagekraft validiert (Stewart, Hays et al. 1988, Watson, Firman et al. 1996, Ware, Kosinski et al. 1998, Scoggins und Patrick 2009). Zudem ist er in über 170 Sprachen verfügbar. Die Beantwortung des Fragebogens dauert ca. 10 Minuten. Der SF-36 besteht aus 36 Fragen und ist ein allgemeiner Gesundheitsfragebogen, der mittels 8 verschiedener Dimensionen (Subskalen) Aussagen über den Gesundheitszustand des Patienten ermöglicht. Er trifft Aussagen über:

- Allgemeine Gesundheitswahrnehmung – 5 Fragen
- Körperliche Gesundheit – 10 Fragen
- Eingeschränkte physisch-bedingte Rollenfunktion – 4 Fragen
- Körperliche Schmerzen – 2 Fragen
- Vitalität – 4 Fragen
- Psychische Gesundheit – 5 Fragen
- Eingeschränkte emotional-bedingte Rollenfunktion – 3 Fragen

- Soziale Funktionsfähigkeit – 2 Fragen

Die 8 Subskalen lassen sich zu Summenskalen höherer Ebene abstrahieren. Die Körperliche Summenskala errechnet sich aus den Subskalen physische Gesundheit, Eingeschränkte physisch-bedingte Rollenfunktion und körperliche Schmerzen. Die Psychische Summenskala errechnet sich aus den Skalen soziale Funktionsfähigkeit, eingeschränkte emotional bedingte Rollenfunktion und der mentalen Gesundheit.

Die Auswertung ist international standardisiert und kann per Hand, sowie mit gängigen Statistikprogrammen (im vorliegenden Falle SPSS V24.0) erfolgen. Für die Auswertung der Skalen wird eine Beantwortung von mindestens 50 % der Fragen (Items) gefordert. Für die fehlenden Items wird eine Mittelwertersetzung durchgeführt. Die angekreuzten Items werden pro Skala addiert, wobei für einige Skalen spezielle Gewichtungen einbezogen werden. Zuvor ist jedoch für einige der angekreuzten Items eine Umkodierung bzw. Rekalibrierung erforderlich. Daraufhin werden die acht Skalen transformiert in Werte zwischen 0 und 100, sodass ein Vergleich der Skalen sowohl miteinander als auch unter verschiedenen Patienten möglich wird. Die Summenskalen "Körperliche Gesundheit" und "Psychische Summenskala" erlauben die Etablierung eines Skalenwertes zwischen 0 und 100. Die enthaltenen Subskalen- bzw. Summenskalenwerte stellen eine Quantifizierung der subjektiven Gesundheit aus Sicht der Befragten dar. Ein niedriger Summenwert korreliert mit einer schlechteren Lebensqualität, entsprechend geht ein höherer Summenwert mit einer besseren Lebensqualität einher. Beim Vergleich der Mittelwerte des vorliegenden Patientenkollektives mit denen einer deutschen Normstichprobe wurden die in der Handanweisung zum SF-36 Fragebogen aufgeführten Schätzwerte der Stichprobengröße verwendet (Bullinger, M., Kirchberger, I. SF-36-Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung, Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen, 1998). Die Schätzungen beruhen auf den Berechnungen von Cohen und den SF-36-Skalenwerten der amerikanischen Normpopulation. Da sich diese Daten nur unwesentlich von denen der deutschen Normstichprobe unterscheiden, wurden in der deutschen Handanweisung die Fallzahlberechnungen aus dem amerikanischen SF-36 Handbuch übernommen

### **5.7.5 MacNab`s Ergebnisbewertung der Patientenzufriedenheit**

Die MacNab Kriterien wurden 1971 von Ian Mac Nab entwickelt und dienen der Ergebnisbewertung einer Intervention bei Patienten mit Wirbelsäulenerkrankungen (Macnab 1971). Der Patient wird dabei gebeten, seinen Gesundheitszustand nach der Operation/Intervention einzuschätzen. Dazu muss er sich auf eine dieser vier Antwortmöglichkeiten festlegen: Ausgezeichnet, Gut, Mäßig, Schlecht.

Mit dem gleichen Wortlaut wie in der Originalarbeit von Mac Nab lauten die Erklärungen für jede Note wie folgt:

Ausgezeichnet: Keine Schmerzen, keine Einschränkung der Aktivität.

Gut: Gelegentliche Rücken- oder Beinschmerzen. Die Fähigkeit des Patienten seine normale Arbeit zu verrichten, und/oder seine Fähigkeit der gewohnten Freizeitgestaltung nachzugehen, bleibt erhalten.

Mäßig: Verbesserte Funktionsfähigkeit, jedoch Beeinträchtigung durch zeitweise auftretende Schmerzen mit ausreichendem Schweregrad, um die Arbeits- oder Freizeitaktivitäten einzuschränken oder zu verändern.

Schlecht: Keine oder nur unzureichende Verbesserung, um persönliche Aktivitäten zu steigern. Weiterer operativer Eingriff/weitere Intervention erforderlich.

Die Ergebnisbeurteilung mittels der MacNab Kriterien ist robust und auch in anderen Studien, welche die Outcomeevaluation einer Schmerztherapie untersuchten, beschrieben. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität (SF-36 Fragebogen: PCS und MCS) und Zufriedenheit (MacNab Kriterien) bezogen auf die erfolgte Intervention wurden in dieser Arbeit als sekundäre Ergebnisgrößen betrachtet. Alle Patienten wurden in vordefinierten Intervallen von 6 Wochen, 3 und 6 Monaten telefonisch auf primäre und sekundäre Endpunkte befragt. Hierbei wurden erneut das Schmerzempfinden (NRS), der ODI-Fragebogen sowie die Zufriedenheit der Patienten mit der Intervention erfasst. Zum 1-Jahres-Follow-Up wurde nochmals der SF-36 Fragebogen für die Lebensqualität erhoben.

Anschließend erfolgte die Erfassung der Patienten in einer Datenbank und die anonymisierte statistische Auswertung der Daten. Dabei erfolgte keine Randomisierung.

## 5.8 Datenerfassung

Die beschriebenen Scores wurden zu den folgenden Zeitpunkten erfasst und pseudonymisiert mit den klinischen Daten in eine Excel-Datenbank übertragen:

- Präinterventionell (stationär): NRS<sub>gesamt</sub>, NRS<sub>Rücken</sub>, NRS<sub>Bein</sub>, ODI, SF 36
- Postinterventionell (stationär): NRS<sub>gesamt</sub>, NRS<sub>Rücken</sub>, NRS<sub>Bein</sub>, ODI, Zufriedenheit
- Nach 6 Wochen, 3 und 6 Monaten (telefonische Befragung): NRS<sub>gesamt</sub>, NRS<sub>Rücken</sub>, NRS<sub>Bein</sub>, ODI, Zufriedenheit
- Nach 12 Monaten (telefonische Befragung und postalisch): NRS<sub>gesamt</sub>, NRS<sub>Rücken</sub>, NRS<sub>Bein</sub>, ODI, Zufriedenheit, SF 36

In Abhängigkeit von der Erreichbarkeit der Studienteilnehmer kam es zu einer Abweichung der angegebenen Zeiträume von maximal 8 Tagen. Der SF-36 Fragebogen wurde den Patienten 12 Monate nach erfolgter Intervention aufgrund des Umfanges nach vorheriger telefonischer Ankündigung postalisch zugesandt. Die Befragungen zur Ermittlung der Scores erfolgten durch einen Doktoranden (FH).

## 5.9 Datenanalyse

Nachdem die Befragung der Patienten abgeschlossen wurden, erfolgte die Auswertung der klinischen Scores und der demografischen Daten. Zunächst wurden die demografischen Daten der zu vergleichenden Gruppen (FGI- und PRT Gruppe) ausgewertet und auf Unterschiede geprüft. Anschließend erfolgte die Auswertung der klinischen Scores (NRS, ODI, SF-36, MacNab). Hierbei wurde der klinische Effekt der jeweiligen Intervention innerhalb der FGI- und PRT Gruppe über die Zeit und die Scoreverbesserung des ODI und NRS ( $\Delta$ ODI,  $\Delta$ NRS<sub>gesamt</sub>) im Vergleich zur MCID (Minimal clinically important differences) geprüft. Als klinisch bedeutsame Besserung (MCID) wurde hierbei eine Reduktion von  $\Delta 2$  Punkten in der NRS sowie eine Besserung von  $\Delta 20$  Punkten im ODI festgelegt. Im Gegensatz zur NRS, die weitgehend eine objektive Einschätzung von Schmerzen erlaubt, beschreibt die MCID die Veränderungen in der subjektiven Wahrnehmung des Patienten bezüglich des Effekts einer klinischen Intervention (Cook 2008).

Weiterhin erfolgte die Gegenüberstellung der klinischen Scores der beiden Gruppen zu den jeweils Follow-Up-Zeitpunkten, um Unterschiede in der klinischen Wertigkeit beider Interventionen zu erfassen.

### **5.10 Statistische Methoden**

Die statistische Auswertung dieser Arbeit erfolgte unter Verwendung des Programmes SPSS Statistics Version 24 für Macintosh (IBM, USA). Im Vorfeld der Analyse fand eine statistische Beratung statt. Die Darstellung der metrischen Variablen erfolgte als Mittelwerte, während die Streumaße als einfache Standardabweichungen angegeben wurden. Die kategorialen bzw. nominalen Daten wurden als absolute und relative Häufigkeiten angegeben. Die demographischen Daten wurden mithilfe des Student's t-Tests für unabhängige Stichproben überprüft, die Normalverteilung der Daten vorab mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests. Kategoriale Daten wurden mit Hilfe des Fisher's Exact Test, kontinuierliche Daten mit Hilfe des Student's t-test ausgewertet. Da die primären und sekundären Zielgrößen zu 5 oder 6 Zeitpunkten gemessen wurden, erfolgte für die Scores eine zweifaktorielle Varianzanalyse (2-way Anova) für Messwiederholungen mit posthoc Bonferroni-Tests. Die Greenhouse-Geisser-Korrektur kam zur Überprüfung der Sphärizität zur Anwendung. Bei allen durchgeführten Tests erfolgte eine zweiseitige Signifikanzüberprüfung, wobei für alle statistischen Tests ein Wert  $p < 0,05$  als statistisch signifikant angenommen wurde.

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Baseline Demografie

Die demografischen Merkmale der Patienten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. In der FGI Gruppe erfolgte bei 39 Patienten (45%) die Infiltration der Facettengelenke auf Höhe L4/5 und bei 48 Patienten (55%) auf Höhe L5/S1. In der PRT Gruppe erfolgte bei 18 Patienten (17%) die Infiltration der Nervenwurzel auf Höhe L3, bei 24 Patienten (22%) auf Höhe L4, bei 56 (51 %) auf Höhe L5 und bei 11 Patienten (10 %) auf Höhe S1. Gemäß dem Studienprotokoll erfolgte bei 86 Patienten (99%) der FGI Gruppe und 107 Patienten (98%) der PRT Gruppe die zusätzliche Gabe eines Steroids ( $p = 0.151$ ).

**Tabelle 1.** Baseline Demografie und klinische Charakteristika.

Gruppen (n = 196)		FGI Gruppe (n = 87)	PRT Gruppe (n = 109)	P Wert
Geschlecht	Männer	38 % (33)	44 % (48)	0.388*
	Frauen	62 % (54)	56 % (61)	
Alter [Jahre]	Durchschnitt $\pm$ SD	66.2 $\pm$ 12.5	64.2 $\pm$ 11.6	0.248†
Gewicht [kg]	Durchschnitt $\pm$ SD	83.3 $\pm$ 16.7	83.5 $\pm$ 15.9	0.935†
Größe [m]	Durchschnitt $\pm$ SD	1.7 $\pm$ 0.1	1.7 $\pm$ 0.1	0.254†
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Durchschnitt $\pm$ SD	28.8 $\pm$ 6.0	28.7 $\pm$ 5.1	0.883†
Numerische Ratingskala <sub>gesamt</sub> (0-10) ‡	Durchschnitt $\pm$ SD	6.9 $\pm$ 1.2	7.1 $\pm$ 1.3	0.402†
Oswestry Disability Index [%] (0-100)	Durchschnitt $\pm$ SD	44.4 $\pm$ 13.2	47.3 $\pm$ 17.0	0.177†

\* P-Werte ermittelt durch den Exakten Test nach Fisher; † P-Werte ermittelt durch den Studentischen T-Test; ‡ NRS<sub>gesamt</sub> beinhaltet Rücken,- und Beinschmerz; SD – einfache Standardabweichung

### 6.2 Veränderung von Schmerzen und Funktionalität

Die Ergebnisse aller angewandten klinischen Scores bezüglich der Bewertung des Schmerzempfindens sowie der Funktionalität (NRS<sub>gesamt</sub>, NRS<sub>Bein</sub>, NRS<sub>Rücken</sub>, und ODI), zeigten eine bedeutende Verbesserung (alle  $p < 0.001$ ). Im Vergleich zur FGI

Gruppe erreichten die Teilnehmer der PRT Gruppe anhand der  $NRS_{\text{Rücken}}$ ,  $NRS_{\text{gesamt}}$  und ODI-Skalen signifikant bessere Werte ( $p_{\text{Behandlung}} < 0.001$ ) und damit eine längere Wirkdauer. Selbiges konnte bezüglich der Beinschmerzen zwischen den beiden Gruppen beobachtet werden ( $p_{\text{Behandlung}} < 0.001$ ). Alle Ergebnisse im Detail und Post-Hoc-Tests sind in Tabelle 2 und 3 aufgeführt. Abb. 7 und 8 zeigen die Entwicklung des Schmerzempfindens ( $\Delta NRS_{\text{gesamt}}$ ) und der Funktionalität ( $\Delta ODI$ ) in Bezug auf die MCID. Unsere Ergebnisse zeigen, dass in der FGI Gruppe eine Verbesserung des Schmerzempfindens ( $\Delta NRS_{\text{gesamt}}$ ) nicht länger als 3 Monate anhielt, während sich in der PRT Gruppe über den gesamten Follow-Up Zeitraum eine bedeutende Schmerzlinderung zeigte. Darüber hinaus erreichte der  $\Delta ODI$  in der FGI Gruppe zu keinem Zeitpunkt die MCID, während er in der PRT Gruppe stets oberhalb der MCID lag.

**Tabelle 2.** Vergleich der Numerischen Ratingskala<sub>gesamt</sub> und dem Oswestry Disability Index zwischen der FGI und der PRT Gruppe im zeitlichen Verlauf.

Zeitpunkt	Numerische Ratingskala (Gesamt)		Oswestry Disability Index	
	FGI Gruppe (87)	PRT Gruppe (109)	FGI Gruppe (87)	PRT Gruppe (109)
	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD
Baseline	6.9 $\pm$ 1.2	7.1 $\pm$ 1.3	44.4 $\pm$ 13.2	47.3 $\pm$ 17.0
Direkt nach Intervention	1.8* $\pm$ 1.8	1.6* $\pm$ 1.7	-	-
Nach 6 Wochen	4.4* $\pm$ 2.1	3.4* $\pm$ 1.9	31.7* $\pm$ 14.5	25.8* $\pm$ 15.1
Nach 3 Monaten	5.6* $\pm$ 1.6	3.8* $\pm$ 2.1	37.1* $\pm$ 11.9	26.6* $\pm$ 14.9
Nach 6 Monaten	5.6* $\pm$ 1.7	3.7* $\pm$ 2.2	35.8* $\pm$ 12.1	25.8* $\pm$ 15.0
Nach 12 Monaten	6.2* $\pm$ 1.8	4.4* $\pm$ 2.5	37.8* $\pm$ 13.4	25.6* $\pm$ 15.1
$p_{\text{Behandlung}}$	< 0.001		< 0.001	
$p_{\text{Zeitpunkt}}$	< 0.001		< 0.001	
$p_{\text{Behandlung} \times \text{Zeitpunkt}}$	< 0.001		< 0.001	

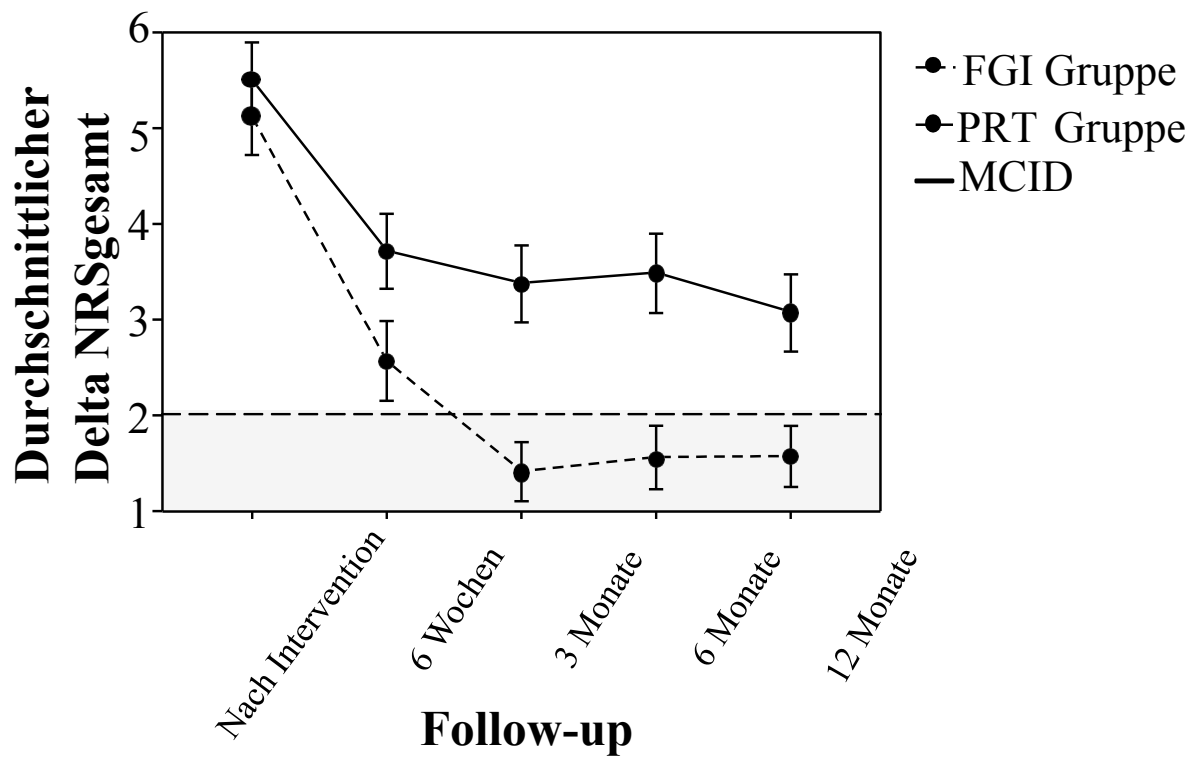
p-Werte ermittelt durch den 2-sided 2-way ANOVA Test für wiederholte Messungen; \* zeigt eine signifikante Verbesserung in den Post-Hoc Tests im Vergleich zu den Baseline Werten ( $p < 0.001$ ); SD – Einfache Standardabweichung



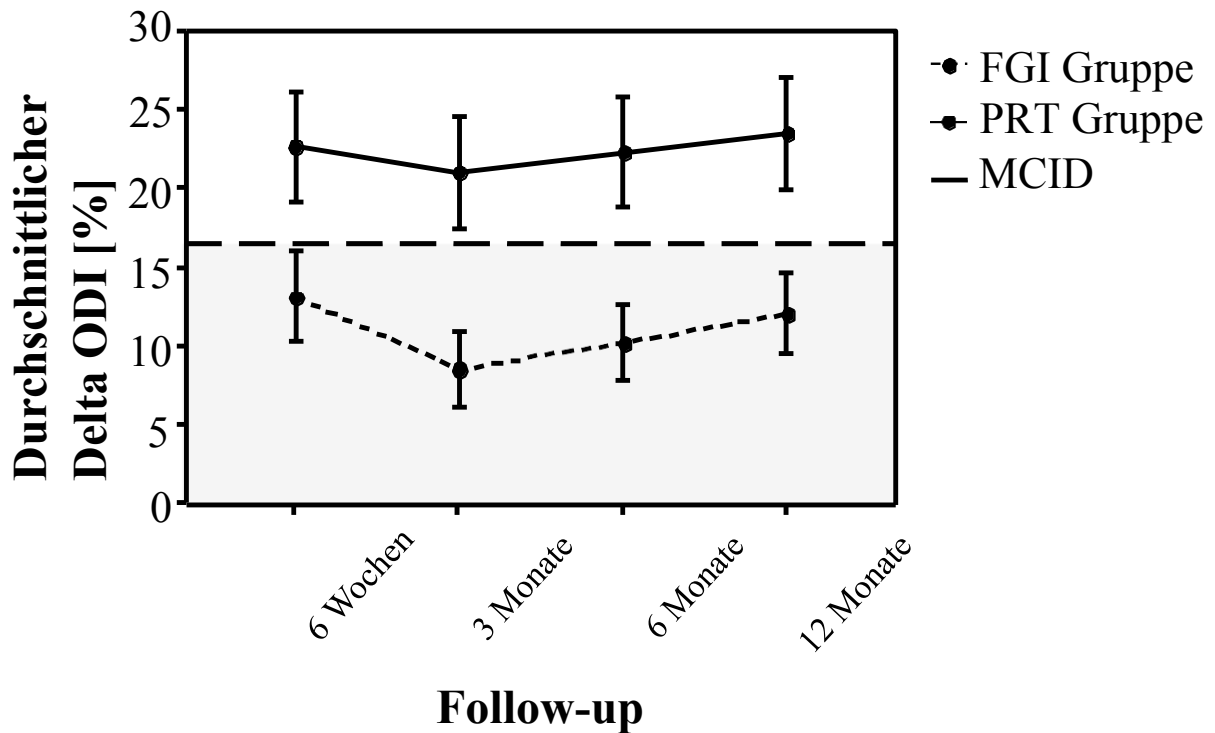
**Tabelle 3.** Vergleich der Numerischen Ratingskala für Rücken,- und Beinschmerz zwischen den Gruppen im zeitlichen Verlauf.

Zeitpunkt	Numerische Ratingskala (Rücken)		Numerische Ratingskala (Bein)	
	FGI Gruppe (87)	PRT Gruppe (109)	FGI Gruppe (87)	PRT Gruppe (109)
	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD
Baseline	6.9 $\pm$ 1.7	5.7 $\pm$ 1.7	4.2 $\pm$ 2.8	7.2 $\pm$ 1.7
Nach Intervention	2.4* $\pm$ 1.6	1.3* $\pm$ 1.4	1.2* $\pm$ 1.7	1.8* $\pm$ 1.4
Nach 6 Wochen	4.6* $\pm$ 2.3	2.6* $\pm$ 2.1	2.6* $\pm$ 2.5	3.5* $\pm$ 2.3
Nach 3 Monaten	5.7* $\pm$ 1.9	2.9* $\pm$ 2.3	3.4* $\pm$ 2.5	3.9* $\pm$ 2.6
Nach 6 Monaten	5.7* $\pm$ 2.0	2.8* $\pm$ 2.4	3.4* $\pm$ 2.5	3.6* $\pm$ 2.6
Nach 12 Monaten	6.0* $\pm$ 1.9	3.6* $\pm$ 2.6	4.5 $\pm$ 2.5	4.0* $\pm$ 2.9
$p_{\text{Behandlung}}$	< 0.001		< 0.001	
$p_{\text{Zeitpunkt}}$	< 0.001		< 0.001	
$p_{\text{Behandlung} \times \text{Zeitpunkt}}$	< 0.001		< 0.001	

\* p-Werte ermittelt durch den 2-sided 2-way ANOVA Test für wiederholte Messungen; \* zeigt eine signifikante Verbesserung in den Post-Hoc Tests im Vergleich zu den Baseline Werten ( $p < 0.001$ ); SD – Einfache Standardabweichung.



**Abb. 7** Vergleich des Delta NRS<sub>gesamt</sub> zwischen FGI und PRT Gruppe über den Follow-Up Zeitraum zur Illustration der Wirksamkeitsdauer in Abhängigkeit der MCID (MCID – horizontale Linie auf einem Delta NRS von 2). Die FGI Gruppe fällt bereits nach 3 Monaten in den grauen Bereich unterhalb der horizontalen Linie ab, während die PRT Gruppe während des gesamten Zeitraums oberhalb, im weißen Bereich bleibt. Die Whiskers repräsentieren das 95% Konfidenzintervall (CI).



**Abb. 8** Vergleich des Delta ODI zwischen FGI und PRT Gruppen über den Follow-Up Zeitraum zur Illustrierung der Wirksamkeitsdauer in Abhängigkeit der MCID (MCID - horizontale Linie auf einem  $\Delta$ ODI von 16%). Die FGI Gruppe liegt zum 3 Monate Follow-Up Zeitpunkt im grauen Bereich unterhalb der MCID, während die PRT Gruppe während des gesamten Zeitraums oberhalb, im weißen Bereich bleibt. Die Whiskers repräsentieren das 95% Konfidenzintervall (CI).

### 6.3 Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Zufriedenheit

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Körperlichen (PCS) sowie der Psychischen Gesundheit (MCS), welche mit Hilfe des SF-36 Fragebogens erhoben wurden, dargestellt. In der PCS fanden sich vor der jeweiligen Intervention ähnliche Ausgangswerte in beiden Gruppen. Während sich nach der Intervention bei Patienten aus der FGI Gruppe eine signifikante Verschlechterung des PCS ( $p = 0.033$ ) zeigte, fand sich in der PRT Gruppe eine signifikante Verbesserung des PCS ( $p < 0.05$ ). Hieraus resultierte nach 12 Monaten ein bemerkenswerter Unterschied des PCS zwischen beiden Gruppen ( $p < 0.001$ ) (s. Tabelle 4).

In der MCS zeigten sich bereits vor der jeweiligen Intervention unterschiedliche Ausgangswerte zwischen beiden Gruppen ( $p = 0.010$ ), wobei Patienten der PRT

Gruppe dabei einen höheren Ausgangswert aufwiesen. Während bei Patienten der PRT Gruppe keine bedeutende Veränderung des Ausgangswertes 12 Monate nach erfolgter Intervention zu beobachten war, zeigte sich bei Patienten der FGI Gruppe eine signifikante Verschlechterung ( $p < 0.001$ ) (s. Tabelle 4). Hieraus resultierte ein schlechteres Abschneiden der FGI-Gruppe zum Zeitpunkt des 12-Monate-Follow-Ups hinsichtlich der MCS verglichen mit der PRT-Gruppe ( $p = 0.010$ ).

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit gemäß den MacNab-Kriterien. Hierbei waren deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen, zugunsten der PRT Gruppe, zu beobachten. Insgesamt 92 % der PRT Patienten (vs. 84% der FGI Patienten) gaben noch während des stationären Aufenthalts ein „Ausgezeichnet“ (vollständige Schmerzreduktion) oder „Gut“ (erhebliche Schmerzreduktion) als Ergebnis an. 73 % (vs. 48 %) gaben nach 6 Wochen „Ausgezeichnet“ oder „Gut“ an, 55 % (vs. 27 %) gaben nach 3 Monaten „Ausgezeichnet“ oder „Gut“ an, 53 % (vs. 14 %) nach 6 Monaten „Ausgezeichnet“ oder „Gut“ an, und 51 % (vs. 26 %) berichteten nach 12 Monaten über „Ausgezeichnet“ oder „Gut“ im Rahmen der Befragung.

**Tabelle 4.** Vergleich des SF-36 – Körperliche (PCS) und psychische (MCS) Gesundheit beider Gruppen über den Beobachtungszeitraum.

SF 36 (PCS)			
Zeitpunkt	FGI Gruppe (87)	PRT Gruppe (109)	P-Wert
	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD	
Baseline	31,1 $\pm$ 6,5	32,6 $\pm$ 7,4	0,120
Nach 12 Monaten	30,3 $\pm$ 9,4**	35,6 $\pm$ 7,2*	< 0,001

SF 36 (MCS)			
Zeitpunkt	FGI Gruppe (87)	PRT Gruppe (109)	P-Wert
	Durchschnitt $\pm$ SD	Durchschnitt $\pm$ SD	
Baseline	44,5 $\pm$ 8,3	47,8 $\pm$ 10,0	0,010
Nach 12 Monaten	43,3 $\pm$ 9,0*	48,3 $\pm$ 10,5	0,018

\* Die durch den Paired Samples Wilcoxon Test ermittelten P-Werte zeigen einen signifikanten Unterschied verglichen mit den Baseline Werten innerhalb der Gruppe ( $p < 0.05$ );

† P-Werte aus dem Student's t-test zwischen den Gruppen; SD – Einfache Standardabweichung

**Tabelle 5. Zufriedenheit der Patienten mit der Infiltrationstherapie ermittelt anhand der MacNab's Kriterien**

Zeitpunkt	MacNab	FGI Gruppe	PRT Gruppe	P-Wert
		(87) behandelte Patienten (%)	(109) behandelte Patienten (%)	
Nach Intervention	Schlecht	3	0	0.007*
	Mäßig	13	8	
	Gut	48	34	
	Ausgezeichnet	36	58	
Nach 6 Wochen	Schlecht	13	2	< 0.001*
	Mäßig	39	26	
	Gut	33	36	
	Ausgezeichnet	15	37	
Nach 3 Monaten	Schlecht	25	8	< 0.001*
	Mäßig	47	37	
	Gut	14	29	
	Ausgezeichnet	13	26	
Nach 6 Monaten	Schlecht	40	20	< 0.001*
	Mäßig	46	27	
	Gut	9	28	
	Ausgezeichnet	5	25	
Nach 12 Monaten	Schlecht	30	9	< 0.001*
	Mäßig	44	40	
	Gut	17	26	
	Ausgezeichnet	9	25	

\* P-Werte ermittelt durch den Fisher's Exact Test, zeigen signifikante Unterschiede in der Zufriedenheit der Patienten beider Gruppen.

## **6.4 Nebenwirkungen**

Hinsichtlich der Nebenwirkungen nach CT-gestützter Infiltrationstherapie waren zwischen den Gruppen keine Unterschiede zu beobachten. Insgesamt berichteten 29 Patienten (15 %) über geringfügig vorübergehende und selbstlimitierende Nebenwirkungen (1-4 Stunden). Hierzu zählten eine initiale Verstärkung der Rückenschmerzen (8 Patienten), Taubheitsgefühle in den Beinen (10 Patienten), Kopfschmerzen (7 Patienten), leichte allergische Reaktionen und Gesichtsrötung (3 Patienten) und Sodbrennen (1 Patient).

Bei keinem der Patienten traten während des gesamten Beobachtungszeitraums von 12 Monaten schwerwiegende Nebenwirkungen auf.

## **7 Diskussion**

Ziel dieser Arbeit war es, den therapeutischen Wert von PRTs und FGIs über 1 Jahr prospektiv zu vergleichen. Die hier vorliegenden Ergebnisse mit umfangreichen Befragungen der 196 Studienteilnehmer zeigen, dass die PRT im Vergleich zur FGI hinsichtlich der Wirksamkeit überlegen ist.

Die aufgestellten Hypothesen konnten größtenteils bestätigt werden:

1. Die Wirksamkeit der CT-gestützten Infiltrationsbehandlung bei Nervenwurzelkompression hinsichtlich (a) Schmerzlinderung und (b) Funktionsverbesserung ist besser als die bei Facettengelenkarthrose.
2. Die Wirksamkeit der CT-gestützten Infiltrationsbehandlung bei Nervenwurzelkompression hinsichtlich (a) Verbesserung der Lebensqualität und (b) Zufriedenheit ist besser als die bei Facettengelenkarthrose.

### **7.1 Baseline Demografie**

Insgesamt wurden initial 250 Patienten in die Studie eingeschlossen. Davon standen 196 zu allen vier Follow-Up Zeitpunkten zur Verfügung. 87 Patienten erhielten eine FGI und 109 eine PRT. Sowohl in der FGI (62%) als auch in der PRT Gruppe (58%) war die Mehrzahl der behandelten Patienten Frauen. Ein Grund dafür könnte sein, dass Frauen grundsätzlich häufiger von degenerativen Erkrankungen im Bereich der Lendenwirbelsäule betroffen sind als Männer (Hoy, Bain et al. 2012, Manchikanti, Singh et al. 2014). Die Altersverteilung in der vorliegenden Studie, mit einem durchschnittlichen Alter von 66.2 Jahren in der FGI Gruppe und 64.2 Jahren in der PRT Gruppe, ähnelt der in der Literatur (Gronemeyer, Seibel et al. 1995, Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Maurer, Disch et al. 2014). Der durchschnittliche BMI der Patienten lag in beiden Gruppen bei über 25 kg/m<sup>2</sup> und somit im prä-adipösen Bereich (in der FGI Gruppe 28.8 und in der PRT Gruppe 28.7) und im Vergleich zu anderen Studien damit eher unter dem Durchschnitt (28,8 vs. 30,3 und 31,8) (Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Bonetti, Fontana et al. 2005, Lee, Lin et al. 2005, Taskaynatan,

Tezel et al. 2015). Einige Autoren gehen davon aus, dass ein erhöhter BMI mit einer mechanischen Überlastung für den Rücken verbunden ist (Faflia, Prassopoulos et al. 1998, Fujiwara, Tamai et al. 2000). Andere Autoren halten Übergewicht lediglich für einen möglichen Risikofaktor (Croft und Rigby 1994). Allgemein wird Übergewicht jedoch als ein anerkannter Risikofaktor für LBP angesehen (Bener, Alwash et al. 2003, Melissas, Volakakis et al. 2003, Sjolie 2004). Dennoch existiert bisher keine Studie, die hohes Körpergewicht als alleinige Ursache für Rückenschmerzen belegt (Leboeuf-Yde 2000). In einer aktuellen Arbeit aus dem Jahr 2018 wird die Prävalenz von LBP deutlich mit einem erhöhtem BMI assoziiert (Su, Kusin et al. 2018). In der Literatur wird die Definition von akut und chronischen Rückenschmerzen teilweise uneinheitlich benutzt. In einigen Fällen wird chronischer LBP als eine Schmerzepisode bezeichnet, die länger als 7-12 Wochen anhält. Andere Autoren definieren ihn als denjenigen Schmerz, der noch über die zu erwartende Heilungszeit fortbesteht, mit dem Wissen, dass es sich hierbei höchstwahrscheinlich um unspezifischen LBP handelt. In der prospektiven randomisierten Studie von Ghahreman, Ferch et al. aus dem Jahre 2010 wurden Patienten sowohl mit akutem als auch mit chronischen LBP eingeschlossen. Sie definierten den LBP als akut, wenn er weniger als 3 Monate anhielt und als chronisch, wenn er länger anhielt (Ghahreman, Ferch et al. 2010). Sie konnten in ihrer prospektiven randomisierten Studie aufzeigen, dass transforaminale Injektionen mit Steroiden bei Patienten mit radikulären Symptomen besser wirken, als Lokalanästhetika alleine. Dies deckt sich mit den Angaben anderer Studien (Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Lee, Lin et al. 2005, Ng, Chaudhary et al. 2005). 99% der Patienten aus der FGI Gruppe erhielten im Rahmen der Infiltrationstherapie ein Gemisch aus Xylocain und Lipotalon und bei bekannten Kontraindikationen lediglich 1% Xylocian. In der PRT Gruppe wurden 98% der Teilnehmer mit dem Gemisch aus Xylocain und Lipotalon und 2% mit Xylocain allein infiltriert. In der Literatur wird die Frage nach der optimalen Zusammensetzung von Medikamenten bei transforaminalen Infiltrationen kontrovers diskutiert. In einer Meta-Analyse von Lee et al. aus dem Jahr 2018 wurden alle bisher veröffentlichten Studien zur Effektivität von Steroiden bei transforaminalen Infiltrationen analysiert und bewertet. Hierbei wurde die alleinige Gabe von Steroiden mit der Gabe von Lokalanästhetika und Kochsalzlösung verglichen. Es zeigte sich, dass Teilnehmer aus der Steroidgruppe postinterventionell und 1 Monat danach niedrigere NRS Werte und eine bessere Funktion im Rahmen des ODI angaben. Auch Manchikanti et al. unterstellten einen zusätzlichen Benefit,



wenn Lokalanästhetika mit Steroiden kombiniert werden (Manchikanti, Nampiaparampil et al. 2015). Andere Arbeiten zeigen hingegen, dass sowohl im Rahmen von PRT also auch FGI, die additive Infiltration von Steroiden keinen zusätzlichen Erfolg bringen, verglichen mit der alleinigen Injektion von LA (Cuckler, Bernini et al. 1985, Tafazal, Ng et al. 2009).

Die divergierenden Aussagen könnten einerseits dadurch zustande kommen, dass in den unterschiedlichen Arbeiten verschiedene pathoanatomische Ursachen eingeschlossen wurden. Teilweise wurden diesbezüglich die Einschlusskriterien recht großzügig gestellt. Es wurden teilweise Patienten mit radikulärer Symptomatik und einseitigen Schmerzen eingeschlossen (Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Ng, Chaudhary et al. 2005). Andere Arbeitsgruppen hingegen untersuchten Patienten mit LBP, die sich aufgrund einer einzelnen zugrundeliegenden Pathologie, wie z.B. Spinalkanalstenose, Diskusprolaps oder Neuroforamenstenose, mit ein- oder beidseitigen radikulären Schmerzen einer Infiltrationstherapie unterzogen haben (Manchikanti 2002, Valat, Giraudeau et al. 2003, Park, Lee et al. 2010, Rados, Sakic et al. 2011). Darüber hinaus besteht in den bisher veröffentlichten Arbeiten teilweise eine erhebliche Diskrepanz bezüglich der Größe des Patientenkollektivs, das von 38 bis 191 Patienten reicht (Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Tafazal, Ng et al. 2009, Rados, Sakic et al. 2011, Beyer, Geier et al. 2016). Es ist anzunehmen, dass Ergebnisse von kleinen Kohorten allenfalls geringe Repräsentativität zulassen und somit Zweifel an der wissenschaftlichen Aussagekraft vermuten lassen.

In der hier vorliegenden Arbeit hingegen wurden insgesamt 250 Patienten eingeschlossen, welche bildmorphologisch eine monosegmentale Nervenwurzelkompression (verursacht durch Bandscheibenvorfall, Recessus- oder Neuroforamenstenose) oder lumbale Segmentdegeneration (Spondylarthrose, degenerative Spondylolisthese) aufwiesen und an bildmorphologisch korrelierenden radikulären und/oder lumbalen Schmerzen litten, welche unter bisheriger konservativer Therapie (Krankengymnastik, Manualtherapie, orale Analgetika) nur unzureichende Beschwerdelinderung aufwiesen. Bisher veröffentlichte Arbeiten konnten teilweise eine Langzeitwirkung von Steroiden im Rahmen von PRTs, jedoch nicht bei FGIs nachweisen (Carette, Marcoux et al. 1991, Lee, Lin et al. 2005, Ng, Chaudhary et al. 2005, Buenaventura, Datta et al. 2009). Ein Erklärungsansatz könnte sein, dass sich die Wirkung von Steroiden auf Nervengewebe grundsätzlich von der, auf die Gelenkkapsel der Facettengelenke unterscheidet. Eine Arbeit konnte

aufzeigen, dass es im Rahmen von Steroidinfiltrationen an FGIs, durch Diffusionsprozesse zum Abfließen des Infiltrats nach extraartikulär kommen kann und es so zum Wirkverlust nach kurzer Zeit kommen kann (Lakemeier, Lind et al. 2013). Es ist anzunehmen, dass diese Komplikation bei PRTs weniger zu erwarten ist, da unter Bildgebung die Injektion zielsicher in eine bestimmte Nervenwurzel erfolgt. Grundsätzlich bewirken Steroide eine Entzündungshemmung durch Inhibierung von Synthese und Freisetzung pro-inflammatorischer Mediatoren. Weiterhin sagt man ihnen einen gering lokalen anästhetischen Effekt nach (Byrod, Otani et al. 2000, Manchikanti 2002, Pasqualucci, Varrassi et al. 2007, Tachihara, Sekiguchi et al. 2008). Dies würde den fehlenden zusätzlichen Effekt von Lokalanästhetika erklären, bzw., die sich ähnelnden Ergebnisse von Steroiden mit/ohne LA erklären. Die Ergebnisse unserer Arbeit und zahlreicher anderer Arbeitsgruppen bestätigen diese Annahme (Ng, Chaudhary et al. 2005, Tafazal, Ng et al. 2009).

## **7.2 Schmerzlinderung**

Der therapeutische Wert von Nervenwurzel- und Facettengelenksinfiltrationen hinsichtlich der Schmerzreduktion im Rahmen von degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen im Bereich der LWS wurde bereits in zahlreichen vorherigen Arbeiten bewiesen. Dabei konnte vor allem der kurz- bis mittelfristige Erfolg belegt werden (Buenaventura, Datta et al. 2009). Unseres Wissens existieren bislang keine Arbeiten, die PRTs und FGIs hinsichtlich ihrer Wirksamkeit miteinander verglichen haben. Die bedeutsamsten Studien betrachteten beide Verfahren bislang isoliert und untersuchten mögliche Einflussgrößen auf den Therapieerfolg. Ein zentrales Ergebnis der hier vorliegenden Arbeit ist es, dass PRTs den FGIs hinsichtlich der Schmerzreduktion überlegen sind. Obwohl sich in beiden Gruppen 6 Monate nach Intervention die Schmerzen im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Intervention verbesserten ( $NRS_{PRT}$ : 7.1 vs. 4.4,  $NRS_{FGI}$ : 6.9 vs. 6.2), ließ sich bei den Patienten aus der PRT Gruppe eine signifikant größere Schmerzreduktion im Vergleich zur FGI Gruppe ( $NRS_{PRT \text{ vs. } FGI}$ : 4.4 vs. 6.2) feststellen. Der bedeutendste Effekt konnte unmittelbar postinterventionell ( $NRS_{PRT}$ : 7.1 vs. 1.6,  $NRS_{FGI}$ : 6.9 vs. 1.8), sowie nach 6 Wochen ( $NRS_{PRT}$ : 7.1 vs. 3.4,  $NRS_{FGI}$ : 6.9 vs. 4.4) beobachtet werden. Unsere Ergebnisse decken sich weitgehend mit denen von Karppinen et al.. In ihrer

prospektiven randomisierten Studie evaluierten sie den Einfluss von Steroiden auf den Therapieerfolg von transforaminalen epiduralen Infiltrationen bei Patienten mit Ischialgie. Dazu wurden konsekutiv 160 Patienten mit unilateralen Beschwerden von 1-6 Monaten in die Studie eingeschlossen, von denen die Hälfte in der Kontrollgruppe ein Placebo erhielt. Beide Gruppen zeigten eine Verbesserung in Bezug auf Schmerzen, wobei die Steroid-Gruppe nach 2 Wochen und die Placebo-Gruppe nach 3-6 Monaten überlegen war. Bereits nach 6 Monaten war der Effekt kaum noch messbar und nach 12 Monaten war kein Unterschied mehr zum präinterventionellen Schmerzzustand zu erkennen (Karppinen, Malmivaara et al. 2001). In einer Übersichtsarbeit aus dem Jahre 2009 befassten sich Buenaventura et al. mit bisher veröffentlichten Studien, die sich mit der Wirksamkeit von PRTs beschäftigten (Buenaventura, Datta et al. 2009). Dabei verglich eine Arbeitsgruppe um Ng et al. in ihrer prospektiven Studie den therapeutischen Erfolg von PRTs bei lumbalen Diskushernien und Spinalkanalstenosen nach 6 und 12 Wochen (Ng, Chaudhary et al. 2005) miteinander. Verglichen mit den Ergebnissen unserer Arbeit, zeigte sich bei den Autoren dieser Arbeit eine kürzere Wirkdauer bei ähnlicher Schmerzreduktion. In unserer Studie konnte eine Überlegenheit der PRT anhand der MCID auch noch 12 Monate nach Intervention beobachtet werden. Ähnliches untersuchten Lutz et al. in ihrer prospektiven Arbeit (Lutz, Vad et al. 1998). Um die langfristige Wirksamkeit von epiduralen transforaminalen Steroid Injektionen zu beurteilen, untersuchten sie 69 Patienten nach ausgeschöpfter konservativer Therapie bei LBP mit radikulärer Symptomatik, die nicht länger als 4 Wochen bestand. Alle Teilnehmer zeigten im präinterventionellen MRT-Bild eine Bandscheibenvorwölbung mit Zeichen einer Nervenwurzelkompression, welche mit dem Segmentlevel der klinischen Symptomatik vereinbar war. Im Vergleich zu unseren Ergebnissen, konnte bei lediglich 75,4% der Teilnehmer nach 80 Wochen noch eine 50% Schmerzreduktion anhand der VAS nachgewiesen werden. In den genannten Arbeiten konnte bei der Mehrzahl der Patienten bildmorphologisch eine Pathologie an einer oder mehrerer Bandscheiben nachgewiesen werden, meistens in Form eines Diskusprolapses. In austretendem Bandscheibengewebe konnten Makrophagen in Fülle gefunden werden, von denen man annimmt, dass sie eine Rolle bei der Resorption des austretenden Gewebes haben (Gronblad, Virri et al. 1994, Ikeda, Nakamura et al. 1996, Haro, Komori et al. 1997). In ihrer Arbeit aus dem Jahre 1998 zeigten Minamide et al., dass die fehlende Langzeitwirkung von Steroiden möglicherweise auf die Inhibierung der Resorption von

prolabierendem Bandscheibengewebe zurückzuführen sei, die im Mausversuch belegt wurde. Dies könnte ebenfalls die fehlende Langzeitwirkung von Steroiden in der Studie von Karppinen et al. erklären. Ein weiterer Erklärungsansatz könnte zudem die präinterventionelle Beschwerdedauer sein. Bekanntermaßen haben chronische Schmerzen einen negativen Einfluss auf das Outcome (Lutz, Vad et al. 1998, Vad, Bhat et al. 2002). Zusätzlich führen langanhaltende Schmerzzustände zu einer Art Schmerzgeneralisierung, die durch eine zentrale und periphere Sensibilisierung der Nerven zustande kommt (Boulu and Benoist 1996). Vor allem FGIs scheinen bei Patienten mit chronischen Schmerzzuständen wenig effektiv zu sein. Dies belegen die Ergebnisse der hier vorliegenden Arbeit. In unserer Studie litten rund 87% der Patienten in der FGI Gruppe an chronischen Schmerzen, hingegen waren es in der PRT Gruppe nur 54%. Andere Arbeitsgruppen untersuchten, inwiefern der Zugangsweg bei Infiltration das Ergebnis beeinflusst. Grundsätzlich werden heutzutage drei verschiedene Möglichkeiten diskutiert: transforaminal, interlaminär und caudal. Auch hierbei scheint keine Technik einen wesentlichen Vorteil zu bringen. Lediglich ein geringfügig besseres Langzeit-Ergebnis konnte in einer Arbeit dem transforaminalen Zugang zugesprochen werden (Mendoza-Lattes, Weiss et al. 2009, Rados, Sakic et al. 2011). In der hier vorliegenden Arbeit wurde ausschließlich der transforaminale Zugang angewandt. Hinsichtlich der therapeutischen Wirksamkeit von FGI ist bislang die Studienlage uneinheitlich. Zahlreiche Arbeiten haben eine unzureichende längerfristige Wirkung von FGI nachgewiesen. (Carette, Marcoux et al. 1991, Marks, Houston et al. 1992). Dennoch existieren auch Belege für eine gute bis sehr gute Wirksamkeit von FGI (Aguirre, Bermudez et al. 2005, Pneumáticos, Chatziioannou et al. 2006). Die Ergebnisse der hier vorliegenden Arbeit zeigen, dass der Einsatz von FGI hinsichtlich eines mittel- bis langfristigen therapeutischen Nutzens kritisch gesehen werden muss. Allenfalls zur Differentialdiagnostik oder Planung einer anschließenden Denervation oder Spondylodese scheinen sie geeignet. Die Arbeitsgruppe um Aguirre et al. (2005) untersuchte die Effektivität von EPIs, FGIs und ISG-Blockaden in einer prospektiven randomisierten Studie. Dazu wurden 111 Teilnehmer mit LBP (Facettensyndrom, Disk disease, ISG Dysfunktion) mit einer Beschwerdedauer von mehr als 6 Monaten eingeschlossen. Degenerative Veränderungen an Facettengelenken bereiten, verglichen mit Veränderungen am Spinalkanal, nachweislich relativ spät klinische Symptome (Jackson, Jacobs et al. 1988, Marks, Houston et al. 1992). Facettensyndrome entstehen in der Mehrzahl der

Fälle auf Basis von Fehlhaltungen im Bereich der Wirbelsäule, einer ungünstigen lumbosakralen Statik oder einer erworbenen Fehlstellung der Facettengelenke selbst. Diese wiederum können dann zu degenerativen oder entzündlichen Veränderungen mit daraus resultierenden Instabilitäten an den Facettengelenken bis hin zur Pseudospondylolisthesis führen (Giles und Taylor 1982, Nachemson 1985). Diese Tatsache wäre eine mögliche Erklärung, warum zu einem fortgeschrittenen Zeitpunkt eine FGI an Wirksamkeit verliert. Verglichen damit, führt die direkte Reizung einer bestimmten Nervenwurzel, beispielsweise durch einen neu aufgetretenen Bandscheibenvorfall, in der Regel unmittelbar zu Symptomen. Bei FGIs können Medikamente sowohl peri- als auch intraartikulär injiziert werden, wobei aus der Literatur bislang nicht eindeutig hervorgegangen ist, ob dabei die eine Technik der anderen überlegen ist (Lynch und Taylor 1986). Bezüglich der exakten Wirkungsweise von FGIs besteht im letzten Detail noch Unklarheit. Bislang werden eine Analgesie bzw. Desensibilisierung mehrerer gereizter Spinalnerven, ein Placebo Effekt und eine Ruptur bei adhäsiver Kapsulitis diskutiert (Heisel, Jerosch et al. 2007). In einer Übersichtsarbeit überprüfte der Autor die Wirksamkeit von FGIs, indem er sie mit Nervenblockaden an den Facettengelenken (Injektion an den Ramus medialis des hinteren Astes der beiden benachbarten Spinalnerven) verglich. Er fand heraus, dass die FGIs nach einem Monat eine stärkere Schmerzlinderung als die Nervenblockaden erzielten. Dabei wurden jeweils dieselben Wirkstoffe (Steroid+LA) appliziert. Unmittelbar postinterventionell als auch nach 3 Monaten konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede im Therapieerfolg verzeichnet werden (Marks, Houston et al. 1992). Auch andere Arbeitsgruppen beschäftigten sich in den vergangenen Jahren mit dem Therapieerfolg von FGIs. Es konnten unmittelbare Therapieerfolge bei 59-94% der Patienten beschrieben werden, die Langzeiterfolge lagen jedoch nur noch bei 27-54% (Carrera 1980, Destouet, Gilula et al. 1982, Carette, Marcoux et al. 1991, Gangi, Dietemann et al. 1998).

Die bisher verbreitetste Annahme bezüglich des Wirkprinzips von FGIs ist es, die Nozizeptoren in der Gelenkkapsel zu desensibilisieren und den medialen Ast des R. dorsalis zu betäuben, da dieser für die Innervation der Facettengelenke selbst verantwortlich ist. Anatomisch ist das Facettengelenk ein echtes Gelenk, mit zwei Gelenkflächen überzogenem hyalinem Knorpel und einem Gelenkspalt, der von einer fibrösen Kapsel umschlossen ist. Es kann also hinsichtlich der Wirksamkeit von Gelenkinfiltrationen durchaus mit anderen Gelenken des Körpers, wie z.B. dem

Kniegelenk, Schulter- oder Hüftgelenk verglichen werden. Eine bedeutsame Übersichtsarbeit von Godwin et al. aus dem Jahr 2004 verglich 5 Studien, welche die Wirksamkeit von Kniegelenksinfiltrationen mit Steroiden untersuchten. Bei insgesamt 312 Patienten konnte nach einer Woche eine deutliche Schmerzlinderung anhand der VAS festgestellt werden, die auch noch 3-4 Wochen anhielt. Ein länger anhaltender Effekt konnte jedoch nicht nachgewiesen werden (Godwin und Dawes 2004). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine andere Studie, die sich mit der Wirksamkeit von Steroid-Infiltrationen an Knie- und Hüftgelenk beschäftigte (Cramer 1999). Darüber hinaus ist es häufig schwierig, Facettengelenke als Schmerzursache zu identifizieren. Oftmals verursachen Pathologien an den Facettengelenken sog. pseudoradikuläre Wurzelsyndrome, weshalb man hierbei auch vom sog. „Facettensyndrom“ spricht (Ghormley 1933). Dabei kommt es neben lokalen Schmerzen im Bereich der LWS v.a. zu diffusen, nicht einem Dermatome zuordenbaren Schmerzen im Bereich der unteren Extremität. Die Schmerzen werden unspezifisch über Myotome oder Head'sche Zonen fortgeleitet (Stebler, Putzi et al. 2001). Mehrheitlich strahlen die Schmerzen dabei in die Gluteal- und Oberschenkelregion, meistens jedoch nicht über die Knieregion nach distal hinaus (Casser, Grifka et al. 2011). Obwohl sich Facettengelenke per se vom Aufbau nicht von anderen Gelenken im Körper unterscheiden, kann im Fall von LBP meist kein Zusammenhang zwischen bildmorphologischen Befunden und klinischer Symptomatik hergestellt werden. Ein weiterer Grund für die fehlende therapeutische Wirksamkeit könnte daher sein, dass bei Infiltrationen an Facettengelenken, das nicht schmerzverursachende Gelenk infiltriert wird. Lynch et al. haben daher schon 1980 empfohlen, stets zwischen zwei benachbarten Gelenken zu infiltrieren, um die Erfolgschance erhöhen zu können, das richtige Facettengelenk zu treffen (Lynch and Taylor 1986). Diese Tatsache könnte zudem erklären, warum die therapeutische Wirksamkeit von FGIs im Vergleich zu PRTs nicht gleichzusetzen ist und höchstens als diagnostisches Instrument Sinn machen würde. Viele Studien, die sich mit der Effektivität von FGIs beschäftigen, haben unspezifische Einschlusskriterien (Schneider und Levin 2016). In der hier vorliegenden Studie hat jeder Teilnehmer vor der Intervention ein MRT erhalten, um das Risiko weitgehend vermeiden zu können, möglicherweise Patienten mit unspezifischem Rückenschmerz mit einzuschließen. Ergebnisse anderer Arbeiten, die vor der Intervention keine präzise bildgebende Diagnostik durchgeführt haben, sind unserer Meinung nach daher kritisch anzusehen, da der Einfluss von

präinterventioneller Bildgebung auf den Therapieerfolg in vorangegangenen Arbeiten bereits mehrfach nachgewiesen werden konnte (Santiago, Kelekis et al. 2014, Filippiadis und Kelekis 2016). Es wird angenommen, dass bei Patienten mit LBP nur in ca. 45% der Fälle tatsächlich eine Pathologie an den Facettengelenken vorliegt (Schwarzer, Wang et al. 1995, Manchikanti, Nampiaparampil et al. 2015). Schneider et al. schlussfolgerte in seinem kürzlich veröffentlichten Review, dass es eine exaktere Diagnostik, in Form eines SPECT CT oder MRI bedarf, um eindeutig Patienten mit einer pathologischen Veränderung an Facettengelenken ausfindig machen zu können. Im Rahmen der aktuellen Leitlinie zur Diagnostik und Behandlung von unspezifischen Rückenschmerzen soll bei Sistieren der Beschwerden über 6 Wochen hinaus und nach fehlgeschlagener konservativer Therapie die Indikation zur Durchführung eines MRT oder SPECT CT gestellt werden, um den unspezifischen Rückenschmerz ausschließen zu können (Nationale Versorgungsleitlinie (NVL) Nicht-spezifischer Kreuzschmerz 2017). Die Durchführung eines SPECT CT hat sich in der Praxis jedoch als schwierig erwiesen. Aufgrund des hohen Anschaffungspreises ist es in den meisten Kliniken und Praxisverbünden nicht verfügbar, weshalb in den meisten Fällen das herkömmliche MRT zum Einsatz kommt. Dieser weist jedoch einige Unzulänglichkeiten hinsichtlich seiner diagnostischen Möglichkeiten auf. Obwohl sich mittels MRT exzellent viele Ursachen von LBP wie z.B. Infektion, Fraktur oder Deformitäten detektieren lassen, können degenerative Veränderungen im Bereich der hinteren Säule (Facettengelenke, interspinale Ligamente und paraspinale Muskulatur) nicht ausreichend abgebildet werden. Genau diese spielen allerdings bekanntermaßen eine bedeutende Rolle in der Entstehung von LBP (Jensen, Brant-Zawadzki et al. 1994, D'Aprile, Tarantino et al. 2007). Neue Verfahren wie das dual-energy-CT oder die STIR Sequenzen (Short-Tau-Inversion-Recovery-Sequenz) bieten neue Möglichkeiten hinsichtlich der Detektierung von degenerativen Veränderungen im Bereich der hinteren Säule (Johnson, Krauss et al. 2007).

STIR sind Basis-Puls-Sequenzen des MRT, welche um bestimmte Sequenzen erweitert wurden und somit Fettgewebe in der Bildgebung unterdrücken zu können (Lakadamyali, Tarhan et al. 2008). Dadurch werden degenerative Veränderungen im Bereich der hinteren Säule mit einer deutlich höheren Signalstärke detektiert als mit dem herkömmlichen MRT (Lakemeier, Lind et al. 2013).

### 7.3 Funktionsverbesserung

Ein zentrales Ergebnis der hier vorliegenden Arbeit ist, dass PRTs signifikant den Grad der Einschränkung von Körper- und Alltagsfunktionen reduzieren und dabei den FGIs deutlich überlegen sind. In der PRT Gruppe betrug der  $\Delta$ ODI während des gesamten Follow-Up Zeitraums  $> 20$ , während die Patienten der FGI Gruppe keine ausreichende Besserung ( $\Delta$ ODI  $< 20$ ) angaben und die FGIs damit während des gesamten Follow-Up Zeitraums unter der MCID ( $\Delta$ ODI $>20$ ) blieben. In der Literatur konnte die Verbesserung von Lebensqualität und Alltagsfähigkeit durch CT-gestützten Infiltrationen bei LBP bereits vielfach belegt werden (Karppinen, Malmivaara et al. 2001, Manchikanti 2002, Lee, Lin et al. 2005, Ng, Chaudhary et al. 2005, Ackerman und Ahmad 2007). Die Arbeitsgruppe um Ng et al. überprüfte in einer prospektiven randomisierten Kohortenstudie den therapeutischen Effekt von PRTs bei lumbalen Diskushernien im Vergleich zu Spinalkanalstenosen (Ng, Chaudhary et al. 2005). Dabei zeigte sich eine Verbesserung der Funktion anhand des ODI in beiden Gruppen, wobei der Effekt in der Gruppe der Diskushernien signifikant größer ausfiel. Es ist anzunehmen, dass Diskushernien eher akute Symptome verursachen, wohingegen Spinalkanalstenosen überwiegend chronische Beschwerden auslösen. (Gronblad, Virri et al. 1994, Ikeda, Nakamura et al. 1996, Haro, Komori et al. 1997). In einigen Arbeiten konnte ein direkter Zusammenhang zwischen  $\Delta$ VAS/NRS und  $\Delta$ ODI beobachtet werden, sodass es nahe liegt, dass eine Schmerzreduktion ( $\Delta$ VAS/NRS) im Rahmen einer Steroidinfiltrationen ebenso positive Auswirkungen auf die Funktionalität ( $\Delta$ ODI) hat (Ackerman und Ahmad 2007, Beyer, Geier et al. 2016). In ihrer prospektiv randomisierten doppel-blinden Studie befassten sich Tafazal et al. mit der Wirksamkeit von steroidhaltigen PRTs bei Patienten mit Spinalkanalstenosen und Diskushernien (Tafazal, Ng et al. 2009). Dazu wurden 150 randomisiert auf zwei Gruppen verteilt, wobei in Gruppe 1 Bupivacain alleine und in Gruppe 2 zusätzlich Methylprednisolon injiziert wurde. Im Rahmen des 6 Wochen-, 3-Monate-, 6 Monate- und 1-Jahres-Follow-Up wurden ähnlich wie in unserer Studie zur Erfolgsbeurteilung der VAS und ODI erhoben. Sie konnten zeigen, dass Patienten mit einer lumbalen Spinalkanalstenose eine wesentlich geringere Verbesserung ihrer Funktion und Alltagsfähigkeit angaben, als die mit einer Diskushernie. Am deutlichsten war dieser Unterschied im Rahmen des 3-Monate-Follow-Ups zu erkennen ( $\Delta$ ODI SKS:  $1.5 \pm 2.6$ , NPP:  $13.6 \pm 3.1$ ). In der hier vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die



Patienten aus der PRT Gruppe hinsichtlich der Funktionsverbesserung deutlich mehr profitierten als die, in der FGI-Gruppe ( $\Delta ODI_{PRT\text{-Gruppe}}$  bei 20,7 vs.  $\Delta ODI_{FGI\text{-Gruppe}}$  7,3). Man könnte also schlussfolgern, dass die PRT in Abhängigkeit der Symptombdauer unterschiedlich wirksam ist (SKS->chronisch->PRT geringerer Effekt vs. NPP->akut->PRT wirksam). Dies könnte auf die multifaktorielle Genese der Spinalkanalstenosen zurückzuführen sein, die zum einen auf der Basis eines gestörten venösen Flusses, einer eingeschränkten Nervenleitfähigkeit, einer Entzündung oder aber einer strukturellen Wurzelverletzung entstehen können (Riew, Yin et al. 2000). In der hier vorliegenden Studie, wurde bewusst kein gesondertes Augenmerk auf die zugrundeliegenden Pathologien gelegt, sondern versucht den Therapieerfolg von PRTs und FGIs im Gesamten zu beurteilen. In der oben schon erwähnten Placebo-kontrollierten Studie von Karppinen et al. wurde 6 Monate nach Infiltration nur ein sehr kleiner, und klinisch nicht relevanter Unterschied in Bezug auf die Funktionsverbesserung festgestellt. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Insgesamt sind die Ergebnisse in der Literatur bezüglich der Wirksamkeit von Facettengelenkinfiltrationen auf die Funktion sehr inhomogen. Der Grund dafür könnten Unterschiede im Studiendesign und der Methoden sein, welche die Objektivierbarkeit und Vergleichbarkeit der verschiedenen Studien deutlich erschwert. In einer erst kürzlich veröffentlichten Übersichtsarbeit beschrieben die Autoren, dass es derzeit nicht einmal zwei Arbeiten gäbe, welche dieselben Hypothesen aufstellten und es daher sehr schwierig sei, eine sinnvolle Schlussfolgerung aus den bisher veröffentlichten Arbeiten zu ziehen (Vekaria, Bhatt et al. 2016). Die am häufigsten zitierten Arbeiten (Destouet, Gilula et al. 1982, Lippitt 1984, Murtagh 1988, Marks, Houston et al. 1992, Leboeuf-Yde 2000), die sich mit der Wirksamkeit von FGIs befasst haben, beschreiben eine Varianz der exzellenten Therapieergebnisse von 22-100% der Fälle. Die Ursache für diese erheblichen Unterschiede scheinen vielfältig zu sein. Einerseits werden in den verschiedenen Arbeitsgruppen unterschiedliche Scores verwendet, die wiederum zu abweichenden Ergebnissen führen und somit eine objektive Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschweren. Andererseits haben eine Inhomogenität in der Auswahl des Patientenkollektivs, der Beobachtungszeitraum sowie die Infiltrationstechnik und die verwendeten Medikamente, ähnliches zur Folge.

Einige Arbeitsgruppen haben die Wirksamkeit von FGI mit konservativen Maßnahmen verglichen. Celik B. et al. untersuchten dazu 80 Patienten mit einem Altersgipfel von

30-40 Jahren, die an akuten (< 6 Monate) radikulären Beschwerden litten. Teilnehmer der einen Gruppe erhielten eine FGI, während die andere Gruppe mit Physiotherapie, NSAR und Bettruhe behandelt wurden. In beiden Gruppen zeigte sich unmittelbar postinterventionell sowie 1,3 und 6 Monate danach eine deutliche Besserung der Funktion anhand des ODI wobei zwischen der FGI-Gruppe der NSAR-Gruppe kein wesentlicher Unterschied zu erkennen war. Lediglich im Rahmen des 6-Monate-Follow-Ups zeigte die FGI-Gruppe eine leichte Überlegenheit ( $ODI_{\text{FGI-Gruppe nach 6 Monaten}}:3$  vs.  $ODI_{\text{NSAR-Gruppe nach 6 Monaten}}:11$ ). Ohne die Verwendung der MCID ist dieser geringe Unterschied auf der ODI-Skala unserer Meinung nach kritisch zu bewerten. In unserer Arbeit haben wir ein  $\Delta ODI > 20$  als MCID gewertet. Es scheint daher unwahrscheinlich, dass bei einer  $\Delta ODI < 10$  eine subjektive Verbesserung spürbar war. Darüber hinaus lag der Altersgipfel in dieser Arbeit tiefer (30-40 Jahre) als in den meisten anderen Studien. Normalerweise zeigt sich im Rahmen von LBP der Altersgipfel bei circa 40-60 Jahre (Mayer, Gatchel et al. 2001). Weiterhin scheinen die Einschlusskriterien in dieser Arbeit nicht klar definiert. Ohne bildmorphologischen Nachweis, lediglich durch klinische Tests erscheint die Lokalisation der Schmerzursache selbst an Facettengelenken ungenau. Des Weiteren wurden lediglich Patienten mit akuter Schmerzsymptomatik (<6 Monaten) eingeschlossen. Bekanntermaßen lassen sich akute Schmerzen leichter behandeln als chronische und verlaufen häufig selbstlimitierend. Die beinahe gleichen Ergebnisse der NSAR-Gruppe im Verlauf stärken diese These, weswegen der eigentliche Erfolg der FGI in dieser Arbeit kritisch hinterfragt werden muss. Zum selben Schluss kamen auch andere Arbeitsgruppen (Mayer, Gatchel et al. 2004, Vekaria, Bhatt et al. 2016). Eine weitere Studie untersuchte die Wirksamkeit von Steroid FGI mit der Wirkung von NaCl FGI. Sie konnten keine Überlegenheit eines Verfahrens zeigen und schlussfolgerten, dass sich die guten Ergebnisse ihrer Meinung nach mehr durch eine individuelle spontane Genesung und durch psychosoziale Aspekte erklären lassen, als durch die direkte therapeutische Wirkung der FGI (Lilius, Laasonen et al. 1989).

## 7.4 Lebensqualität und Zufriedenheit

In der hier vorliegenden Arbeit zeigten sich signifikante Unterschiede bezüglich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zwischen den Gruppen, wobei sich bei Patienten der PRT Gruppe ein höherer (besserer) Ausgangswert nach Erhebung des SF-36 Scores (sowohl PCS als auch MCS) im Vergleich zur FGI Gruppe zeigen ließ. Postinterventionell nach einem Jahr zeigte sich eine signifikante Besserung der PCS bei Patienten der PRT Gruppe im Vergleich zur FGI Gruppe ( $PCS_{PRT,12Monate}: 35.6 \pm 7.2$  vs.  $PCS_{FGI,12Monate}: 30.3 \pm 9.4$ ). Die Veränderungen auf der MCS fielen kleiner aus, sodass der Einfluss auf die psychische Gesundheit der Patienten wohl geringer war. Unsere Ergebnisse decken sich mit denen, aus bereits zuvor veröffentlichten Arbeiten. Aufgrund der Komplexität des Fragebogens haben wir von der erneuten Erhebung im Rahmen des telefonischen 6 Wochen-, 3- und 6-Monate-Follow-Ups abgesehen. In der Literatur gibt es unseres Wissens nach bisher keine Werke, die sich mit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (SF-36) hinsichtlich PRTs und FGIs bei LBP befassen. Einige Arbeiten existieren, die sich mit EPIs befassen haben (Mendoza-Lattes, Weiss et al. 2009, Beyer, Geier et al. 2016, Tasdemir und Aydin 2019). Beyer et al. zeigten in einer prospektiven Arbeit, in der sie sich mit der Effektivität von FGIs und EPIs bei 38 Patienten mit Spinalkanalstenosen befassen, dass sowohl FGIs als auch EPIs nach bis zu 3 Monaten postinterventionell zu einer deutlichen Verbesserung der körperlichen Gesundheit (PCS) führen (Beyer, Geier et al. 2016). Die Ergebnisse dieser Studie weichen demnach, von den hier vorliegenden Ergebnissen ab. Es konnten jedoch so gut wie keine Veränderungen bezüglich der psychischen Gesundheit (MCS) beobachtet werden. Tasdemir et al. untersuchten in ihrer kürzlich veröffentlichten Studie die Wirksamkeit von transforaminalen anterioren epiduralen Steroid- und Lokalanästhetika-Injektionen (TAESE) und deren Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität bei Patienten mit Diskushernien, Spinalkanalstenosen und fehlgeschlagener OP. In der Diskushernien Gruppe konnten deutlich bessere Ergebnisse anhand allen SF-36 Parametern beobachtet werden verglichen mit der Spinalkanalstenosen Gruppe. Auch hierbei zeigten sich in allen Gruppen eine weniger starke Veränderung auf der MCS-Skala (Tasdemir und Aydin 2019). Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen zudem signifikante Unterschiede hinsichtlich der subjektiven Zufriedenheit der Patienten anhand der MacNab Kriterien. Dabei sind die PRTs den FGIs über den gesamten Follow-Up Zeitraum überlegen. Am

größten scheint dieser Effekt dabei, ab 6 Wochen nach Intervention zu sein. Auch diesbezüglich konnten wir in der Literatur bisher keine relevanten Vergleichsarbeiten finden, die PRTs und FGIs diesbezüglich gegenüberstellen. Es scheint jedoch naheliegend, dass eine relevante Schmerzlinderung (NRS) in Verbindung mit einer Verbesserung der körperlichen Gesundheit sowie einer Verbesserung der körperlichen Funktionsfähigkeit im täglichen Alltag, die Zufriedenheit der Patienten bezüglich des Ergebnisses einer erfolgten Intervention steigen lässt.

## **7.5 Ausblick**

Weiterführende prospektive sowie multizentrische Studien mit einheitlichem Studiendesign sind erforderlich um den therapeutischen Wert von PRT und FGI weiterführend zu beurteilen. Darüber hinaus könnten mit einem größeren Patientenkollektiv entsprechende Subgruppenanalysen durchgeführt werden, um zugrundeliegende Pathologien hinsichtlich ihres therapeutischen Outcomes beurteilen zu können. Alternative Therapiemethoden für LBP bei lumbaler Segmentdegeneration sollten weiterführend untersucht werden.

## **7.6 Limitationen**

Diese Studie konnte nicht als randomisierte Doppelblindstudie durchgeführt werden, da die Studienteilnehmer ausnahmslos präinterventionell abhängig der bildmorphologischen strukturellen Veränderungen an der LWS entweder eine PRT oder eine FGI erhielten. Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es nicht, wie in der Literatur schon mehrfach bekannt, die Wirksamkeit unterschiedlicher Substanzen, sondern die oben genannten Verfahren hinsichtlich ihrer Wirksamkeit miteinander zu vergleichen. Der eventuelle Einfluss eines Placebo-Effektes auf die beobachteten und gemessenen Therapieerfolge kann nicht abgeschätzt werden. Die Ergebnisse müssen vorsichtig vor dem Hintergrund präsentiert werden, dass in der vorliegenden Studie in der FGI Gruppe mehr Patienten mit chronischen Schmerzen vertreten waren. Diese sprechen möglicherweise weniger gut auf jede Art der Behandlung an als akute Patienten. Dennoch entspricht diese Situation dem klinischen Alltag, dass Arthrose

bedingte Schmerzen eher einen chronischen und Nervenwurzelreizungen einen eher akuten Beschwerdeverlauf zeigen. Zusätzlich wurde in der hier vorliegenden Studie keine Subgruppierung hinsichtlich der Morphologie der Stenosen (NPP, deg. Spondylolisthese, SKS, Neuroforamen Stenose) vorgenommen. Andere Arbeitsgruppen haben dies jedoch teilweise mitberücksichtigt und eine Varianz in Abhängigkeit des Stenosentyps festgestellt, Möglicherweise ist dadurch unsere PRT-Gruppe inhomogen und geringfügig verfälscht. Insgesamt lässt sich jedoch durch unsere Ergebnisse aussagen, dass eine gute Wirksamkeit der PRT für ein gutes Ansprechen bei Nervenwurzelkompression unabhängig von der eigentlichen Ursache der Stenose spricht. Eine weitere Limitation unserer Arbeit wäre, dass keine klare Grenze bezüglich des applizierten Wirkstoffes bestand. Über 90% unserer Teilnehmer erhielten eine Kombination aus einem Steroid und einem Lokalanästhetikum. In der Literatur wurde sich bereits ausgiebig mit der Wirksamkeit beider Substanzen im Rahmen von FGI und PRT beschäftigt. Insgesamt kann bislang keine einheitliche Behandlungsempfehlung ausgesprochen werden. In vielen Arbeiten konnte die Gabe von Steroiden keinen Erfolg erzielen. Wenn überhaupt scheinen Steroide im Rahmen der Resorption von austretendem Bandscheibengewebe, und somit vor allem bei NPP eine Wirkung erzielen. In Zusammenschau der bisher bekannten Daten scheint somit die Frage nach der richtigen Wirkstoffkombination vernachlässigbar. Vereinzelt wurde im Rahmen der FGI im Verlauf eine zweite Infiltration durchgeführt, die in unserer Datenauswertung nicht berücksichtigt, die jeweiligen Ergebnisse bezüglich der Wirksamkeit jedoch dadurch verfälscht wurde. Da es sich hierbei lediglich um eine sehr geringe Anzahl an Patienten handelte, wurde hier nicht weiter unterschieden, da der Einfluss auf das Endergebnis als marginal eingeschätzt wurde.

## **8 Schlussfolgerungen**

Die hier vorliegende Arbeit liefert, bis heute fehlende valide, prospektiv erhobene Daten über die Wirksamkeit von CT-gestützten PRTs und FGIs im Rahmen der Schmerztherapie an der LWS. Nach Analyse und Bewertung der eigenen erhobenen Daten sowie der aktuellen, einschlägigen Literatur kann geschlussfolgert werden, dass PRTs mit einem Lokalanästhetikum mit oder ohne Steroid eine effektive Therapie für Patienten mit neuraler Kompression und radikulären Schmerzen darstellt, unabhängig

von der Genese der Kompression (Rücken- und/oder Beinschmerzen aufgrund eines Bandscheibenvorfalls oder einer Spondylolisthese bzw. Osteochondrose mit konsekutiver Neuroforamenstenose oder Recessusstenose). Die PRT ist hinsichtlich ihrer Wirkung auf Schmerz, Funktion und Lebensqualität über den Zeitraum eines Jahres der FGI signifikant überlegen. Es ist anzunehmen, dass sich die Wirkung von Steroiden auf Nervengewebe (PRT) und Synovialschleimhaut (FGI) grundlegend unterscheidet, und sich somit die Unterschiede in der Wirksamkeit von PRT und FGI grundsätzlich erklären lassen. Die Durchführung einer FGI in mittel- und langfristiger therapeutischer Absicht muss in Hinblick auf die vorliegenden Ergebnisse der Studie kritisch betrachtet werden. Der Einsatz erscheint allenfalls zur Differential- und Stufendiagnostik oder der Planung einer Denervation oder Spondylodese geeignet. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen erwarten, dass sowohl die volkswirtschaftlichen als auch die Gesundheitskosten bei einer konsequenten individualisierten Anwendung von PRTs durch Vermeidung unnötiger Operationen gesenkt werden können.

## 9 Literatur- und Quellenverzeichnis

(AkdÄ), A. d. d. Ä. (2007). "Empfehlungen zur Therapie von Kreuzschmerzen." 3. Auflage, April 2007.

Ackerman, W. E., 3rd and M. Ahmad (2007). "The efficacy of lumbar epidural steroid injections in patients with lumbar disc herniations." *Anesth Analg* 104(5): 1217-1222.

Adams, M. and P. Dolan (2012). *Biomechanik der Lendenwirbelsäule*. Hildebrandt, J.(Hrsg), *Rückenschmerz und Lendenwirbelsäule* München, Elsevier, Urban & Fischer, *Interdisziplinäres Praxisbuch entsprechend der Nationalen Versorgungsleitlinie Kreuzschmerz*: 22-34.

Arnold, B., T. Brinkschmidt, H.-R. Casser, I. Gralow, D. Irnich, K. Klimczyk, G. Müller, B. Nagel, M. Pflingsten, M. Schiltenswolf, R. Sittl and W. Söllner (2009). *Multimodale Schmerztherapie*. *Schmerz*. 23: 112-120.

Airaksinen, O., J. Brox, C. Cedraschi, J. Hildebrandt, J. Klaber-Moffett, F. Kovacs, A. Mannion, S. Reis, J. Staal, H. Ursin and G. Zanolli (2005). "European Guidelines for the management of chronic non specific low back pain."

Awad, J. N. and R. Moskovich (2006). "Lumbar disc herniations: surgical versus nonsurgical treatment." *Clin Orthop Relat Res* 443: 183-197.

Baron, R. (2006). "Mechanisms of disease: neuropathic pain--a clinical perspective." *Nat Clin Pract Neurol* 2(2): 95-106.

Baron R and B. A (2004). "Wie neuropathisch ist die Ischialgie? Das mixed-pain Konzept." *Orthopädie* 33: 568 - 575.

Benini, A. (1991). *Pathophysiologie der vertebrogenen Kreuz- und Beinbeschwerden (Schmerzen, Sensibilitätsstörungen, Paresen): klinikbezogene Übersicht*. Schweiz. Rundsch. Med. Prax. 80: 131-138.

Benny, B. and P. Azari (2011). "The efficacy of lumbosacral transforaminal epidural steroid injections: a comprehensive literature review." *J Back Musculoskelet Rehabil* 24(2): 67-76.

Beyer, F., F. Geier, J. Bredow, J. Oppermann, A. Schmidt, P. Eysel and R. Sobottke (2016). "Non-operative treatment of lumbar spinal stenosis." *Technol Health Care* 24(4): 551-557.

Bonetti, M., A. Fontana, B. Cotticelli, G. D. Volta, M. Guindani and M. Leonardi (2005). "Intraforaminal O(2)-O(3) versus periradicular steroidal infiltrations in lower back pain: randomized controlled study." *AJNR Am J Neuroradiol* 26(5): 996-1000.

Brolinson, P. G., A. J. Kozar and G. Cibor (2003). "Sacroiliac joint dysfunction in athletes." *Curr Sports Med Rep* 2: 47-56.

Bruchhausen, F. v., G. Fülgraff and D. Palm (2004). *Pharmakotherapie, klinische Pharmakologie. Begleittext zum Kurs der speziellen Pharmakologie im 2. klinischen Studienabschnitt*. Stuttgart, G. Fischer.

Büch, H. and W. Rummel (1992). *Lokalanästhetika. Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Für Studenten der Medizin, Veterinärmedizin, Pharmazie, Chemie, Biologie sowie für Ärzte, Tierärzte und Apotheker*, W. Forth. Mannheim, BI-Wiss.-Verlag. 6. Auflage: 227-233.

Buenaventura, R. M., S. Datta, S. Abdi and H. S. Smith (2009). "Systematic review of therapeutic lumbar transforaminal epidural steroid injections." *Pain Physician* 12(1): 233-251.

Byrod, G., K. Otani, H. Brisby, B. Rydevik and K. Olmarker (2000). "Methylprednisolone reduces the early vascular permeability increase in spinal nerve roots induced by epidural nucleus pulposus application." *J Orthop Res* 18(6): 983-987.

Birbaumer N and S. R. F (2003). *Nozizeption und Schmerz. Biologische Psychologie*. Berlin, Springer Verlag. 5. Auflage.

Bogduk, N. (1983). "The innervation of the lumbar spine." *Spine (Phila Pa 1976)* 8(3): 286-293.

Bogduk, N., W. Tynan and A. S. Wilson (1981). The nerve supply to the human lumbar intervertebral discs. *J. Anat.* 132: 39-56.

Bogduk, N., A. S. Wilson and W. Tynan (1982). "The human lumbar dorsal rami." *J Anat* 134(Pt 2): 383-397.



Bush, K. and S. Hillier (1991). "A controlled study of caudal epidural injections of triamcinolone plus procaine for the management of intractable sciatica." *Spine (Phila Pa 1976)* 16(5): 572-575.

"Chronische Schmerzen." Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 7. Karin Böhm Prof. Dr. Clemens Tesch-Römer Dr. Thomas Ziese (Hrsg.), Robert Koch Institut, (1999), Berlin,

Campbell, C. and S. J. Muncer (2005). "The causes of low back pain: a network analysis." *Soc Sci Med* 60(2): 409-419.

Carey, T. S., A. T. Evans, N. M. Hadler, G. Lieberman, W. D. Kalsbeek, A. M. Jackman, J. G. Fryer and R. A. McNutt (1996). "Acute severe low back pain. A population-based study of prevalence and care-seeking." *Spine (Phila Pa 1976)* 21(3): 339-344.

Casser, H., J. Grifka and H. Locher (2011). *Spezielle Schmerztherapie der Halte- und Bewegungsorgane*. 42 Tabellen. Stuttgart, Thieme.

Cassuto, J., R. Sinclair and M. Bonderovic (2006). "Anti-inflammatory properties of local anesthetics and their present and potential clinical implications." *Acta Anaesthesiol Scand* 50(3): 265-282. (2011).

Carette, S., S. Marcoux, R. Truchon, C. Grondin, J. Gagnon, Y. Allard and M. Latulippe (1991). "A controlled trial of corticosteroid injections into facet joints for chronic low back pain." *N Engl J Med* 325(14): 1002-1007.

Carrino JA, Morrison WB, Parker L, Schweitzer ME, Levin DC and S. JH (2002). "Spinal injection procedures: volume, provider distribution, and reimbursement in the U.S. medicare population from 1993 to 1999." *Radiology* 225 (3): 723–729.

Cassuto, J., R. Sinclair and M. Bonderovic (2006). "Anti-inflammatory properties of local anesthetics and their present and potential clinical implications." *Acta Anaesthesiol Scand* 50(3): 265-282.

Cavanaugh, J. M., Y. Lu, C. Chen and S. Kallakuri (2006). "Pain generation in lumbar and cervical facet joints." *J Bone Joint Surg Am* 88 Suppl 2: 63-67.

Cohen, A. and J. Spivak (2003). *Degenerative Lumbar Spinal Stenosis Options for Aging Backs*. *Phy Sportsmed*: 25-34.

- Cohen, S. P. (2005). "Sacroiliac joint pain: a comprehensive review of anatomy, diagnosis, and treatment." *Anesth. Analg* 101: 1440-1453.
- Cook, C. E. (2008). "Clinimetrics Corner: The Minimal Clinically Important Change Score (MCID): A Necessary Pretense." *J Man Manip Ther* 16(4): E82-83.
- Croft, P. R. and A. S. Rigby (1994). "Socioeconomic influences on back problems in the community in Britain." *J Epidemiol Community Health* 48(2): 166-170.
- Cuckler, J. M., P. A. Bernini, S. W. Wiesel, R. E. Booth, Jr., R. H. Rothman and G. T. Pickens (1985). "The use of epidural steroids in the treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, double-blind study." *J Bone Joint Surg Am* 67(1): 63-66.
- D'Aprile, P., A. Tarantino, J. R. Jenkins and D. Brindicci (2007). "The value of fat saturation sequences and contrast medium administration in MRI of degenerative disease of the posterior/perispinal elements of the lumbosacral spine." *Eur Radiol* 17(2): 523-531.
- Debrunner, A. (2004). *Orthopädie Orthopädische Chirurgie - Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates*, 4. Auflage, Verlag Hans Huber. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle
- Deml, M. C., M. Buhr, M. D. Wimmer, R. Pflugmacher, R. Riedel, Y. Rommelspacher and K. Kabir (2015). "CT-guided infiltration saves surgical intervention and fastens return to work compared to anatomical landmark-guided infiltration in patients with lumbosciatica." *Eur J Orthop Surg Traumatol* 25 Suppl 1: S177-182.
- Dertwinkel, R., Wiebalck, A., Linstedt, I. (2002), *Moderne Schmerztherapie*. Internist 43, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2002
- Deyo, R. A. and J. N. Weinstein (2001). "Low back pain." *N Engl J Med* 344(5): 363-370.
- Deyo, R. A., M. Battie, A. J. Beurskens, C. Bombardier, P. Croft, B. Koes, A. Malmivaara, M. Roland, M. Von Korff and G. Waddell (1998). "Outcome measures for low back pain research. A proposal for standardized use." *Spine (Phila Pa 1976)* 23(18): 2003-2013.

- Deyo RA, Mirza SK, Turner JA and M. BI. (2009). "Overtreating chronic back pain: time to back off?" J Am Board Fam Med. .
- Dreinhöfer, K. (2000). "Bone and Joint Decade 2000–2010: Prävention und Management effizienter gestalten." Dtsch Arztebl International 97(51-52): 3478-.
- Eckardt, A. (2011). Praxis LWS-Erkrankungen. Diagnose und Therapie. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.
- el-Khoury, G. Y., S. Ehara, J. N. Weinstein, W. J. Montgomery and M. H. Kathol (1988). "Epidural steroid injection: a procedure ideally performed with fluoroscopic control." Radiology 168(2): 554-557.
- el-Khoury, G. Y. and D. L. Renfrew (1991). "Percutaneous procedures for the diagnosis and treatment of lower back pain: diskography, facet-joint injection, and epidural injection." AJR Am J Roentgenol 157(4): 685-691.
- Evans, W. (1930). "Intrasacral epidural injection therapy in the treatment of sciatica." Lancet 2: 1225 -1229.
- Eysel, P., J. Rompe, R. Schoenmayr and J. Zoellner (1999). "Biomechanical behaviour of a prosthetic lumbar nucleus." Acta Neurochir (Wien) 141(10): 1083-1087.
- Fafila, C. P., P. K. Prassopoulos, M. E. Daskalogiannaki and N. C. Gourtsoyiannis (1998). "Variation in the appearance of the normal sacroiliac joint on pelvic CT." Clin Radiol 53(10): 742-746.
- Fairbank, J. C. (2014). "Why are there different versions of the Oswestry Disability Index?" J Neurosurg Spine 20(1): 83-86.
- Fairbank, J. C., W. M. Park, I. W. McCall and J. P. O'Brien (1981). "Apophyseal injection of local anesthetic as a diagnostic aid in primary low-back pain syndromes." Spine (Phila Pa 1976) 6(6): 598-605.
- Fairbank, J. C. and P. B. Pynsent (2000). "The Oswestry Disability Index." Spine (Phila Pa 1976) 25(22): 2940-2952; discussion 2952.
- Falco, F. J., L. Manchikanti, S. Datta, N. Sehgal, S. Geffert, O. Onyewu, V. Singh, D. A. Bryce, R. M. Benyamin, T. T. Simopoulos, R. Vallejo, S. Gupta, S. P. Ward and J.

- Filler, T. (2009). "Neuroanatomie der Wirbelsäule unter besonderer Berücksichtigung der Schmerzentsstehung." Jerosch J (Hrsg.) Minimal invasive Wirbelsäulen-Intervention Aufgebaut auf dem IGOST-IMPS-Kurssystem: 1-8.
- Frymoyer, J. W. (1988). "Back pain and sciatica." N Engl J Med 318(5): 291-300.
- Friedly J, Chan L and D. R (2008). "Geographic variation in epidural steroid injection use in medicare patients." J Bone Joint Surg Am 20 (8): 1730–1737.
- Friedly J, C. L., Deyo R (2007). "Increases in lumbosacral injections in the Medicare population: 1994 to 2001." Spine (Phila Pa 1976) 2007 32 (16): 1754–1760.
- Farrar, J. T., J. P. Young, Jr., L. LaMoreaux, J. L. Werth and R. M. Poole (2001). "Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale." Pain 94(2): 149-158.
- Filippiadis, D. K. and A. Kelekis (2016). "A review of percutaneous techniques for low back pain and neuralgia: current trends in epidural infiltrations, intervertebral disk and facet joint therapies." Br J Radiol 89(1057): 20150357.
- Fink, W. and G. Haidinger (2007). "Die Häufigkeit von Gesundheitsstörungen in 10 Jahren Allgemeinpraxis " ZFA - Zeitschrift für Allgemeinmedizin, 83(3), 102-108
- Flor, H. (1999). "verhaltensmedizinische Grundlagen chronischer Schmerzen." Basler H-D (Hrsg.) Psychologische Schmerztherapie. Grundlagen, Diagnostik, Krankheitsbilder, Behandlung; 32 Tab, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin , Heidelberg: 123-139.
- Freburger, J. K., G. M. Holmes, R. P. Agans, A. M. Jackman, J. D. Darter, A. S. Wallace, L. D. Castel, W. D. Kalsbeek and T. S. Carey (2009). "The rising prevalence of chronic low back pain." Arch Intern Med 169(3): 251-258.
- Freynhagen, R. (2006). Kompendium neuropathischer Schmerz. Ein praxisorientierter Leitfaden. Linkenheim-Hochstetten, Aesopus Verlag. 2. Auflage.
- Freynhagen, R., R. Baron, T. Tolle, E. Stemmler, U. Gockel, M. Stevens and C. Maier (2006). "Screening of neuropathic pain components in patients with chronic back pain associated with nerve root compression: a prospective observational pilot study (MIPOPT)." Curr Med Res Opin 22(3): 529-537.

Friedrich, M. and H. Mezei (2009). Rückhalt für den Rücken. Der große Kreuzschmerztest ; Sport ohne Handicap ; stark durch den Alltag. Wien, Verl.-Haus der Ärzte.

Frymoyer, J. W. (1997). "the epidemiology of spinal disorders." The adult spine: principles and practice, 2nd ed., Lippincott-Raven, Philadelphia (1997), pp. 93-141).

Fujiwara, A., K. Tamai, H. Yoshida, A. Kurihashi, K. Saotome, H. S. An and T. H. Lim (2000). "Anatomy of the iliolumbar ligament." Clin Orthop Relat Res(380): 167-172.

„Gesundheit in Deutschland.", (2006), Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Robert Koch Institut, Berlin, 2. Auflage Februar 2007,  
[http://edoc.rki.de/documents/rki\\_fv/reIXEvoVYRBk/PDF/29CTdE28YupMbw75](http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/reIXEvoVYRBk/PDF/29CTdE28YupMbw75)

Ghahreman, A., R. Ferch and N. Bogduk (2010). "The Efficacy of Transforaminal Injection of Steroids for the Treatment of Lumbar Radicular Pain." Pain Medicine 11(8): 1149-1168.

Ghormley, R. K. (1933). "Low back pain: With special reference to the articular facets, with presentation of an operative procedure." Journal of the American Medical Association 101(23): 1773-1777.

Giles, L. G. and J. R. Taylor (1982). "Intra-articular synovial protrusions in the lower lumbar apophyseal joints." Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst 42(2): 248-255.

Göbel H, Rosenow D and T. V (2005). Neurogener Schmerz. Management von Diagnostik und Therapie. Heidelberg, Springer Verlag.

Graf, B. (2001). Pharmakologie: Lokalanästhetika. Anästhesiologie. 429 Tabellen. E. Koch and H.-A. Adams. Stuttgart, New York, Thieme Verlag, 91-102.

Gronemeyer, D., R. Seibel, O. Schindler, K. Schattauer, S. Lange and A. Schmidt (1995). "[Microinvasive, CT-controlled periradicular therapy in treatment of chronic intervertebral disk-induced functional disorders]." Wien Med Wochenschr 145(6): 129-139.

Grönemeyer D, S. R., Schindler O, Schattauer K, and S. A. Lange S (1995). "Die mikroinvasive, CT-gesteuerte periradikuläre Therapie zur Behandlung von chronisch bandscheibenbedingten Funktionsstörungen." Wien. Med. Wochenschrift (1995) , 145 : 129 - 139.

- Günther, R., M. Thelen and G. Adam (1996). Interventionelle Radiologie. Stuttgart, Georg Thieme Verlag. 2. Auflage.
- Hays, R. D., C. D. Sherbourne and R. M. Mazel (1993). "The RAND 36-Item Health Survey 1.0." *Health Econ* 2(3): 217-227.
- Heisel, J., J. Jerosch and M. Baum (2007). Schmerztherapie der Halte- und Bewegungsorgane, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- Hirsch, A (2012). "An update of the systematic assessment of the diagnostic accuracy of lumbar facet joint nerve blocks." *Pain Physician* 15(6): E869-907.
- Holden, J. E. and J. A. Pizzi (2003). "The challenge of chronic pain." *Adv Drug Deliv Rev* 55(8): 935-948.
- Hollmann, M. W. and M. E. Durieux (2000). "Local anesthetics and the inflammatory response: a new therapeutic indication?" *Anesthesiology* 93(3): 858-875.
- Holm, S., A. Indahl and M. Solomonow (2002). "Sensorimotor control of the spine." *J Electromyogr Kinesiol* 12(3): 219-234.
- Hoy, D., C. Bain, G. Williams, L. March, P. Brooks, F. Blyth, A. Woolf, T. Vos and R. Buchbinder (2012). "A systematic review of the global prevalence of low back pain." *Arthritis Rheum* 64(6): 2028-2037.
- Jage, J. and I. Jurna (2001). Opioidanalgetika. Lehrbuch der Schmerztherapie. Grundlagen, Theorie und Praxis für Aus- und Weiterbildung. M. Zenz, I. Jurna and S. Ahrens. Stuttgart, WVG, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2. Auflage.
- Jensen, M. C., M. N. Brant-Zawadzki, N. Obuchowski, M. T. Modic, D. Malkasian and J. S. Ross (1994). "Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain." *N Engl J Med* 331(2): 69-73.
- Jerosch, J. (2009). Minimal invasive Wirbelsäulen-Intervention. Aufgebaut auf dem IGOST-IMPS-Kurssystem; mit 67 Tabellen. Köln, Deutscher Ärzteverlag 2. Auflage.
- Johansson, A., J. Hao and B. Sjolund (1990). "Local corticosteroid application blocks transmission in normal nociceptive C-fibres." *Acta Anaesthesiol Scand* 34(5): 335-338.
- Johnson, T. R., B. Krauss, M. Sedlmair, M. Grasruck, H. Bruder, D. Morhard, C. Fink, S. Weckbach, M. Lenhard, B. Schmidt, T. Flohr, M. F. Reiser and C. R. Becker

(2007). "Material differentiation by dual energy CT: initial experience." *Eur Radiol* 17(6): 1510-1517.

Juniper, M., T. K. Le and D. Mladsi (2009). "The epidemiology, economic burden, and pharmacological treatment of chronic low back pain in France, Germany, Italy, Spain and the UK: a literature-based review." *Expert Opin Pharmacother* 10(16): 2581-2592.

Karppinen, J., A. Malmivaara, M. Kurunlahti, E. Kyllonen, T. Pienimäki, P. Nieminen, A. Ohinmaa, O. Tervonen and H. Vanharanta (2001). "Periradicular infiltration for sciatica: a randomized controlled trial." *Spine (Phila Pa 1976)* 26(9): 1059-1067.

Kelekis, A. D., T. Somon, H. Yilmaz, P. Bize, E. N. Brountzos, K. Lovblad, D. Ruefenacht and J. B. Martin (2005). "Interventional spine procedures." *Eur J Radiol* 55(3): 362-383.

Kisli, E., M. Baser, O. Guler, M. Aydin and I. Kati (2005). "Comparison of the analgesic effect of betamethasone and diclofenac potassium in the management of postoperative haemorrhoidectomy pain." *Acta Chir Belg* 105(4): 388-391.

Koes, B. W., M. W. van Tulder and S. Thomas (2006). "Diagnosis and treatment of low back pain." *Bmj* 332(7555): 1430-1434.

Kojima, Y., T. Maeda, R. Arai and K. Shichikawa (1990). "Nerve supply to the posterior longitudinal ligament and the intervertebral disc of the rat vertebral column as studied by acetylcholinesterase histochemistry. I. Distribution in the lumbar region." *J Anat* 169: 237-246.

Krämer, J. (1986). *Bandscheibenbedingte Erkrankungen. Ursachen, Diagnose, Behandlung, Vorbeugung, Begutachtung*. Stuttgart, New York, Thieme. 2. Auflage.

Krämer, J. (2006). *Bandscheibenbedingte Erkrankungen: Ursachen, Diagnose, Behandlung, Vorbeugung, Begutachtung*. Stuttgart, Thieme.

Kroenke, K., E. E. Krebs, M. P. H. Matthew and J. Bair (2008). "Pharmacotherapy of chronic pain: a synthesis of recommendations from systematic reviews." *General Hospital Psychiatry* 31(3): 206-219.

Lakadamyali, H., N. C. Tarhan, T. Ergun, B. Cakir and A. M. Agildere (2008). "STIR sequence for depiction of degenerative changes in posterior stabilizing elements in patients with lower back pain." AJR Am J Roentgenol 191(4): 973-979.

Lakemeier, S., M. Lind, W. Schultz, S. Fuchs-Winkelmann, N. Timmesfeld, C. Foelsch and C. D. Peterlein (2013). "A comparison of intraarticular lumbar facet joint steroid injections and lumbar facet joint radiofrequency denervation in the treatment of low back pain: a randomized, controlled, double-blind trial." Anesth Analg 117(1): 228-235.

LaMont, R. L., L. G. Morawa and H. E. Pederson (1976). "Comparison of disk excision and combined disk excision and spinal fusion for lumbar disk ruptures." Clin Orthop Relat Res(121): 212-216.

Leboeuf-Yde, C. (2000). "Body weight and low back pain. A systematic literature review of 56 journal articles reporting on 65 epidemiologic studies." Spine (Phila Pa 1976) 25(2): 226-237.

Lee, K. S., C. L. Lin, S. L. Hwang, S. L. Howng and C. K. Wang (2005). "Transforaminal periradicular infiltration guided by CT for unilateral sciatica--an outcome study." Clin Imaging 29(3): 211-214.

"Leitlinie: Lumbaler Bandscheibenvorfall." 1. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie DGNC, Börm W, Steiger H, Papavero L, Herdmann J, Ohmann C and S. K (2005), [https://ziladoc.com/download/leitlinie-lumbaler-bandscheibenvorfall\\_pdf](https://ziladoc.com/download/leitlinie-lumbaler-bandscheibenvorfall_pdf)

Lidgren, L. (2003). "The bone and joint decade 2000-2010." Bull World Health Organ 81(9): 629.

Lilius, G., E. M. Laasonen, P. Myllynen, A. Harilainen and G. Gronlund (1989). "Lumbar facet joint syndrome. A randomised clinical trial." J Bone Joint Surg Br 71(4): 681-684.

Lippitt, A. B. (1984). "The facet joint and its role in spine pain. Management with facet joint injections." Spine (Phila Pa 1976) 9(7): 746-750.

Liu, P. L. (1996). Anästhesiologie. Grundlagen und Verfahren ; 169 Tabellen. Stuttgart, G. Fischer.



Lutz, G. E., V. B. Vad and R. J. Wisneski (1998). "Fluoroscopic transforaminal lumbar epidural steroids: an outcome study." *Arch Phys Med Rehabil* 79(11): 1362-1366.

Lynch, M. C. and J. F. Taylor (1986). "Facet joint injection for low back pain. A clinical study." *J Bone Joint Surg Br* 68(1): 138-141.

Macnab, I. (1971). "Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients." *J Bone Joint Surg Am* 53(5): 891-903.

Manchikanti, L. (2002). "Role of neuraxial steroids in interventional pain management." *Pain Physician* 5(2): 182-199.

Manchikanti, L., D. E. Nampiaparampil, K. N. Manchikanti, F. J. Falco, V. Singh, R. M. Benyamin, A. D. Kaye, N. Sehgal, A. Soin, T. T. Simopoulos, S. Bakshi, C. G. Gharibo, C. J. Gilligan and J. A. Hirsch (2015). "Comparison of the efficacy of saline, local anesthetics, and steroids in epidural and facet joint injections for the

Manchikanti L, Pampati V, Boswell MV, Smith HS and H. JA (2010). "Analysis of the growth of epidural injections and costs in the Medicare population: a comparative evaluation of 1997, 2002, and 2006 data." *Pain Physician* 13 (3): 199–212.

Manchikanti L, Pampati V, Falco FJ and H. JA. (2013). "Assessment of the growth of epidural injections in the medicare population from 2000 to 2011." *Pain Physician* 16 (4): :E349–E364.

Manchikanti L, Pampati V, Singh V, Boswell MV, Smith HS and H. JA. (2010). "Explosive growth of facet joint interventions in the medicare population in the United States: a comparative evaluation of 1997, 2002, and 2006 data." *BMC Health Serv Res*. Vol. 10 management of spinal pain: A systematic review of randomized controlled trials." *Surg Neurol Int* 6(Suppl 4): S194-235.

Manchikanti, L., V. Singh, F. J. E. Falco, R. M. Benyamin and J. A. Hirsch (2014). "Epidemiology of Low Back Pain in Adults." *Neuromodulation* 17: 3-10.

Maurer, M. H., A. C. Disch, T. Hartwig, D. M. Renz, N. Schreiter, B. Hamm and F. Streitparth (2014). "Outcome study of real-time MR-guided cervical periradicular injection therapy in an open 1.0 Tesla MRI system." *Cardiovasc Intervent Radiol* 37(3): 756-762.

- Mayer, T., R. J. Gatchel and T. Evans (2001). "Effect of age on outcomes of tertiary rehabilitation for chronic disabling spinal disorders." *Spine (Phila Pa 1976)* 26(12): 1378-1384.
- Mayer, T. G., R. J. Gatchel, J. Keeley, D. McGeary, J. Dersh and C. Anagnostis (2004). "A randomized clinical trial of treatment for lumbar segmental rigidity." *Spine (Phila Pa 1976)* 29(20): 2199-2205; discussion 2206.
- McCall, I. W., W. M. Park and J. P. O'Brien (1979). "Induced pain referral from posterior lumbar elements in normal subjects." *Spine (Phila Pa 1976)* 4(5): 441-446.
- McLain, R. F., L. Kapural and N. A. Mekhail (2005). "Epidural steroid therapy for back and leg pain: mechanisms of action and efficacy." *Spine J* 5(2): 191-201.
- Melissas, J., E. Volakakis and A. Hadjipavlou (2003). "Low-back pain in morbidly obese patients and the effect of weight loss following surgery." *Obes Surg* 13(3): 389-393.
- Mendoza-Lattes, S., A. Weiss, E. Found, B. Zimmerman and Y. Gao (2009). "Comparable effectiveness of caudal vs. trans-foraminal epidural steroid injections." *Iowa Orthop J* 29: 91-96.
- Meßlinger, K. (2003). Nozizeption und Schmerz. *Lehrbuch der Physiologie*, 55 Tabellen. Klinke R and C. Bauer. Stuttgart, New York, Thieme Verlag. 5. Auflage: 665 - 669.
- Miehlke RK, Schmidt K (2003) Degenerative rheumatische Erkrankungen. 5. Auflage, In: Hettenkofer H (Hrsg) Rheumatologie: Diagnostik, Klinik, Therapie. Thieme, Stuttgart, S. 160 bis 184
- Nachemson, A. (1985). "Lumbar spine instability. A critical update and symposium summary." *Spine (Phila Pa 1976)* 10(3): 290-291.
- Nationale Versorgungsleitlinie Kreuzschmerz. Langfassung, Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften, 1. Auflage Version 4 November 2010 Zuletzt geändert: August 2013 AWMF-Register: nvl/007, <http://www.kreuzschmerz.versorgungsleitlinien.de>, Aerztliches Zentrum für Qualitaet in der Medizin. (2011)

- Ng, C. D. (2015). "Global analysis of overweight prevalence by level of human development." *J Glob Health* 5(2): 020413.
- Ng, L., N. Chaudhary and P. Sell (2005). "The efficacy of corticosteroids in periradicular infiltration for chronic radicular pain: a randomized, double-blind, controlled trial." *Spine (Phila Pa 1976)* 30(8): 857-862.
- Niethard, F. U. and J. Pfeil (2005). *Duale reihe Orthopädie Stuttgart*, Georg Thieme Verlag.
- Ogura, T., H. Shikata, H. Hase, M. Mori, T. Hayashida, T. Osawa, Y. Mikami and T. Kubo (2003). "Electrophysiologic evaluation of lumbosacral single nerve roots using compound muscle action potentials." *J Spinal Disord Tech* 16(5): 487-492.
- Olmarker, K. and B. Rydevik (1991). "Pathophysiology of sciatica." *Orthop Clin North Am* 22(2): 223-234.
- Olmarker, K., B. Rydevik and C. Nordborg (1993). "Autologous nucleus pulposus induces neurophysiologic and histologic changes in porcine cauda equina nerve roots." *Spine (Phila Pa 1976)* 18(11): 1425-1432.
- Onda, A., S. Yabuki, S. Kikuchi, K. Satoh and R. R. Myers (2001). "Effects of lidocaine on blood flow and endoneurial fluid pressure in a rat model of herniated nucleus pulposus." *Spine (Phila Pa 1976)* 26(20): 2186-2191; discussion 2191-2182.
- Park, C. H., S. H. Lee and B. I. Kim (2010). "Comparison of the effectiveness of lumbar transforaminal epidural injection with particulate and nonparticulate corticosteroids in lumbar radiating pain." *Pain Med* 11(11): 1654-1658.
- Pasqualucci, A., G. Varrassi, A. Braschi, V. A. Peduto, A. Brunelli, F. Marinangeli, F. Gori, F. Colo, A. Paladini and F. Mojoli (2007). "Epidural local anesthetic plus corticosteroid for the treatment of cervical brachial radicular pain: single injection versus continuous infusion." *Clin J Pain* 23(7): 551-557.
- Pengel, L. H., R. D. Herbert, C. G. Maher and K. M. Refshauge (2003). "Acute low back pain: systematic review of its prognosis." *Bmj* 327(7410): 323.
- Quinn, S. F., F. R. Murtagh, R. Chatfield and S. H. Kori (1988). "CT-guided nerve root block and ablation." *AJR Am J Roentgenol* 151(6): 1213-1216.

- Rados, I., K. Sakic, M. Fingler and L. Kapural (2011). "Efficacy of interlaminar vs transforaminal epidural steroid injection for the treatment of chronic unilateral radicular pain: prospective, randomized study." *Pain Med* 12(9): 1316-1321.
- Riew, K. D., Y. Yin, L. Gilula, K. H. Bridwell, L. G. Lenke, C. Lauryssen and K. Goette (2000). "The effect of nerve-root injections on the need for operative treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, controlled, double-blind study." *J Bone Joint Surg Am* 82(11): 1589-1593.
- Schneider, S. (2007). "Rückenschmerz. Verbreitung, Ursachen und Erklärungsansätze." 1. Aufl. GRIN Verlag, Heidelberg.
- Saltychev, M., R. Mattie, Z. McCormick, E. Barlund and K. Laimi (2017). "Psychometric properties of the Oswestry Disability Index." *Int J Rehabil Res* 40(3): 202-208.
- Steiger, H. (2006). *Lumbale Diskushernien. Manual Neurochirurgie*. Landsberg, Ecomed. 2: 114-117.
- Strahlenschutzkommission, B. v. E. d. (2009). *Bekanntmachung von Empfehlungen der Strahlenschutzkommission*.
- Sandkuhler, J. (2010). "Central sensitization versus synaptic long-term potentiation (LTP): a critical comment." *J Pain* 11(8): 798-800.
- Santiago, F. R., A. Kelekis, L. G. Alvarez and D. K. Filippiadis (2014). "Interventional procedures of the spine." *Semin Musculoskelet Radiol* 18(3): 309-317.
- Schellinger, D., L. Wener, B. D. Ragsdale and N. J. Patronas (1987). "Facet joint disorders and their role in the production of back pain and sciatica." *Radiographics* 7(5): 923-944.
- Schleifer, J., G. Fenzl, A. Wolf and K. Diehl (1994). "[Treatment of lumbar facet joint syndrome by CT-guided infiltration of the intervertebral joints]." *Radiologe* 34(11): 666-670.
- Schmidt, C. O., H. Raspe, M. Pfingsten, M. Hasenbring, H. D. Basler, W. Eich and T. Kohlmann (2007). "Back pain in the German adult population: prevalence, severity, and sociodemographic correlates in a multiregional survey." *Spine (Phila Pa 1976)* 32(18): 2005-2011.

- Schmidt, R. F. and H.-G. Schaible (2006). "Neuro- und Sinnesphysiologie.", Springer-Verlag Heidelberg ; Auflage: 5.
- Schmorl, G. and H. Junghanns (1960). The human spine in health and disease. New York and London, Grune and Stratton.
- Schöps, P. (2007). Physiotherapeutische und physikalische Verfahren. Praktische Schmerztherapie, Springer Verlag Berlin, Heidelberg.
- Schultz, K.-P., J. Assheuer, R. Abel and K. Schöppe (1999). "Der Bandscheibenvorfall: Wie zeitgemäß ist die sogenannte minimal invasive Therapie?" Dtsch Arztebl International 96(9): 548-.
- Scoggins, J. F. and D. L. Patrick (2009). "The use of patient-reported outcomes instruments in registered clinical trials: evidence from ClinicalTrials.gov." Contemp Clin Trials 30(4): 289-292.
- Seibel, R., D. Grönemeyer and T. Grumme (1989). Neue Verfahren der Therapie degenerativer Wirbelsäulen- erkrankungen in der interventionellen Radiologie. Grönemeyer DHW, Seibel RMM : Interventionelle Computertomographie. Wien/Berlin, Ueberreuther Wissenschaft: 92-117.
- Silbergleit, R., B. A. Mehta, W. P. Sanders and S. J. Talati (2001). "Imaging-guided injection techniques with fluoroscopy and CT for spinal pain management." Radiographics 21(4): 927-939; discussion 940-922.
- Silbernagel, S. and Despopoulos, A. (2007). Nebennierenrinde: Gluccocortiko(ster)ide. Taschenatlas Physiologie. S. Silbernagel and A. Despopoulos. Stuttgart (u.a.), Thieme [u.a.]. 7. Auflage: 298-299.
- Sinclair, R., A. S. Eriksson, C. Gretzer, J. Cassuto and P. Thomsen (1993). "Inhibitory effects of amide local anaesthetics on stimulus-induced human leukocyte metabolic activation, LTB4 release and IL-1 secretion in vitro." Acta Anaesthesiol Scand 37(2): 159-165.
- Sjolie, A. N. (2004). "Low-back pain in adolescents is associated with poor hip mobility and high body mass index." Scand J Med Sci Sports 14(3): 168-175.

- Staal, JB., de Bie, R., de Vet, HC., Hildebrandt, J and Nelemans, P (2011). "Cochrane Database of Systematic Reviews. Inejction therapy for subacute and chronic low-back pain (Review)." The Cochrane Collaboration.
- Stebler, R., R. Putzi and B. Michel (2001). "Lumbale Rückenschmerzen - Diagnostik." Swiss Med Forum: 205-208.
- Stewart, A. L., S. Greenfield, R. D. Hays, K. Wells, W. H. Rogers, S. D. Berry, E. A. McGlynn and J. E. Ware, Jr. (1989). "Functional status and well-being of patients with chronic conditions. Results from the Medical Outcomes Study." JAMA 262(7): 907-913.
- Stewart, A. L., R. D. Hays and J. E. Ware, Jr. (1988). "The MOS short-form general health survey. Reliability and validity in a patient population." Med Care 26(7): 724-735.
- Streitparth, F., U. Walter, S. Wonneberger, F. Chopra, M. Wichlas, K. Wagner, G. B. Hermann, B. Hamm and Teichgräber (2010). "Image-guided spinal injection procedures in open high-field MRI with vertical field orientation: feasibility and technical features." European Radiology 20(2): 395–403.
- Striebel, H. (2009). Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin für Studium und Ausbildung. Mit 69 Tabellen. Stuttgart, New York, Schattauer.
- Strong, J., R. Ashton and D. Chant (1991). "Pain intensity measurement in chronic low back pain." Clin J Pain 7(3): 209-218.
- Su, C. A. M., PhD\* , D. J. M. Kusin, S. Q. B. Li, U. M. Ahn and N. U. M. Ahn (2018). "The Association Between Body Mass Index and the Prevalence, Severity, and Frequency of Low Back Pain: Data From the Osteoarthritis Initiative " SPINE 43: 848–852.
- Tachihara, H., M. Sekiguchi, S. Kikuchi and S. Konno (2008). "Do corticosteroids produce additional benefit in nerve root infiltration for lumbar disc herniation?" Spine (Phila Pa 1976) 33(7): 743-747.
- Tafazal, S., L. Ng, N. Chaudhary and P. Sell (2009). "Corticosteroids in peri-radicular infiltration for radicular pain: a randomised double blind controlled trial. One year results and subgroup analysis." Eur Spine J 18(8): 1220-1225.

- Tajima, T., K. Furukawa and E. Kuramochi (1980). "Selective lumbosacral radiculography and block." *Spine (Phila Pa 1976)* 5(1): 68-77.
- Tasdemir, B. B. and O. N. Aydin (2019). "[A retrospective investigation of the efficiency of transforaminal anterior epidural steroid injections in patients with low back pain and the effects of interventional pain therapy on quality of life]." *Agri* 31(2): 93-100.
- Taskaynatan, M. A., K. Tezel, F. Yavuz and A. K. Tan (2015). "The effectiveness of transforaminal epidural steroid injection in patients with radicular low back pain due to lumbar disc herniation two years after treatment." *J Back Musculoskelet Rehabil* 28(3): 447-451.
- Vad, V. B., A. L. Bhat, G. E. Lutz and F. Cammisa (2002). "Transforaminal epidural steroid injections in lumbosacral radiculopathy: a prospective randomized study." *Spine (Phila Pa 1976)* 27(1): 11-16.
- Valat, J. P., B. Giraudeau, S. Rozenberg, P. Goupille, P. Bourgeois, V. Micheau-Beaugendre, M. Soubrier, S. Richard and E. Thomas (2003). "Epidural corticosteroid injections for sciatica: a randomised, double blind, controlled clinical trial." *Ann Rheum Dis* 62(7): 639-643.
- van Tulder, M., B. Koes and C. Bombardier (2002). "Low back pain." *Best Pract Res Clin Rheumatol* 16(5): 761-775.
- Vekaria, R., R. Bhatt, D. R. Ellard, N. Henschke, M. Underwood and H. Sandhu (2016). "Intra-articular facet joint injections for low back pain: a systematic review." *Eur Spine J* 25(4): 1266-1281.
- Von Korff, M. and K. Saunders (1996). "The course of back pain in primary care." *Spine (Phila Pa 1976)* 21(24): 2833-2837; discussion 2838-2839.
- Ware, J. E., Jr., M. Kosinski, B. Gandek, N. K. Aaronson, G. Apolone, P. Bech, J. Brazier, M. Bullinger, S. Kaasa, A. Lepke, L. Prieto and M. Sullivan (1998). "The factor structure of the SF-36 Health Survey in 10 countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment." *J Clin Epidemiol* 51(11): 1159-1165.

- Watson, E. K., D. W. Firman, P. D. Baade and I. Ring (1996). "Telephone administration of the SF-36 health survey: validation studies and population norms for adults in Queensland." *Aust N Z J Public Health* 20(4): 359-363.
- Wenig, C. M., C. O. Schmidt, T. Kohlmann and B. Schweikert (2009). "Costs of back pain in Germany." *Eur J Pain* 13(3): 280-286.
- White, A. H. (1983). "Injection techniques for the diagnosis and treatment of low back pain." *Orthop Clin North Am* 14(3): 553-567.
- White, A. H., R. Derby and G. Wynne (1980). "Epidural injections for the diagnosis and treatment of low-back pain." *Spine (Phila Pa 1976)* 5(1): 78-86.
- Williams, A. L. and F. R. Murtagh (2003). "Handbook of Diagnostic and Therapeutic Spine Procedures." *American Journal of Neuroradiology* 24(7): 1487-1488.
- Wittenberg, RH., Greskötter, KR., Steffen, R., Schoenfeld, BL., (1990). "Ist eine epidurale Injektionsbehandlung mit hypertoner Kochsalzlösung beim Bandscheibenvorfall sinnvoll? (Die Wirkung von NaCl-Lösung auf Bandscheibengewebe)." *Z Orthop Unfall* 128: 223-226.
- Woolf, C. J. (2004). "Pain: moving from symptom control toward mechanism-specific pharmacologic management." *Ann Intern Med* 140(6): 441-451.
- Yabuki, S., Y. Kawaguchi, C. Nordborg, S. Kikuchi, B. Rydevik and K. Olmarker (1998). "Effects of lidocaine on nucleus pulposus-induced nerve root injury. A neurophysiologic and histologic study of the pig cauda equina." *Spine (Phila Pa 1976)* 23(22): 2383-2389; discussion 2389-2390.
- Yates, D. W. (1978). "A COMPARISON OF THE TYPES OF EPIDURAL INJECTION COMMONLY USED IN THE TREATMENT OF LOW BACK PAIN AND SCIATICA." *Rheumatology* 17(3): 181-186.
- Zarghooni, K., A. Rashidi, J. Siewe, M. Rollinghoff, J. Bredow, P. Eysel and M. J. Scheyerer (2015). "Single-Shot Epidural Injections in the Management of Radicular Pain." *Orthop Rev (Pavia)* 7(4): 5985.
- Zich, K. and T. Tisch (2017). "Faktencheck Rücken – Rückenschmerzbedingte Krankenhausaufenthalte und operative Eingriffe – Mengenentwicklung und regionale Unterschiede." *Faktencheck Gesundheit* (Bertelsmann Stiftung).



Zimmermann, M. (2004). Neuronale Mechanismen der Schmerzchronifizierung. Der Orthopäde Volume 33, 5. Auflage, 515-524

## 10 Anhang

### 10.1 Erhebungsbögen

ORT

Sonstige Dokumente (SO)  
**Fragebogen zum Gesundheitszustand**  
**(SF-36)**



Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Fragen. Sie sollen Aufschluss geben über Ihren allgemeinen Gesundheitszustand.

Bei den Auswahlmöglichkeiten (○) kreuzen Sie bitte nur die am meisten zutreffende Antwort an und fügen keinen Text hinzu oder streichen Text.

**1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?**

☐ Ausgezeichnet ☐ Sehr gut ☐ Gut ☐ Weniger gut ☐ Schlecht

**2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?**

- ☐ Derzeit viel besser als vor einem Jahr
- ☐ Derzeit etwas besser als vor einem Jahr
- ☐ Etwa so wie vor einem Jahr
- ☐ Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr
- ☐ Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr

**3. Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten ein-geschränkt? Wenn ja, wie stark?**

	gar nicht eingeschränkt	etwas eingeschränkt	stark eingeschränkt
Anstrengende Tätigkeiten (z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mittelschwere Tätigkeiten (z.B. einen Tisch verschieben, Staubsaugen, Kegeln, Golf spielen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einkaufstaschen heben oder tragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mehrere Treppenabsätze steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einen Treppenabsatz steigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sich beugen, knien, bücken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mehr als 1 km zu Fuß gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Selbstständig baden oder ankleiden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sonstige Dokumente (SO)  
**Fragebogen zum Gesundheitszustand**  
**(SF-36)**

**4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?**

	immer	meistens	ziemlich oft	manchm al	selten	nie
Ich konnte nicht solange wie üblich tätig sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (ich musste mich z.B. besonders anstrengen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (weil Sie sich z.B. niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?**

	immer	meistens	ziemlich oft	manchm al	selten	nie
Ich konnte nicht solange wie üblich tätig sein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihrer normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Nachbarn oder Bekannten beeinträchtigt?**

☐ Überhaupt nicht ☐ Etwas ☐ Mäßig ☐ Ziemlich ☐ Sehr

**7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?**

☐ Ich hatte keine Schmerzen ☐ Sehr leicht ☐ Leicht ☐ Mäßig ☐ Stark ☐ Sehr stark

Sonstige Dokumente (SO)  
**Fragebogen zum Gesundheitszustand**  
**(SF-36)**

**8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?**

☐ Überhaupt nicht ☐ Etwas ☐ Mäßig ☐ Ziemlich ☐ Sehr

**9. Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen**

	immer	meistens	ziemlich oft	manchmal	selten	nie
Voller Schwung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sehr nervös	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
So niedergeschlagen, dass Sie nichts aufhebern konnte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruhig und gelassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Voller Energie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Entmutigt und traurig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erschöpft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Glücklich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Müde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten, usw.) beeinträchtigt?**

☐ Immer ☐ Meistens ☐ Manchmal ☐ Selten ☐ Nie

**11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu**

	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft nicht zu
Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Oswestry Disability Questionnaire – Deutsche Version (ODQ-D)*

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen aus. Er soll uns darüber informieren, wie Ihre Rücken – oder Beinprobleme Ihre Fähigkeit beeinflusst, den Alltag zu bewältigen.

Wir bitten Sie, jeden Abschnitt zu beantworten.

Kreuzen Sie in jedem Abschnitt nur die Aussage an, die Sie heute am besten beschreibt.

**Abschnitt 1: Schmerzstärke**

- ☐ 0 Ich habe momentan keine Schmerzen.
- ☐ 1 Die Schmerzen sind momentan sehr schwach.
- ☐ 2 Die Schmerzen sind momentan mäßig.
- ☐ 3 Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark.
- ☐ 4 Die Schmerzen sind momentan sehr stark.
- ☐ 5 Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar.

**Abschnitt 2: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)**

- ☐ 0 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden.
- ☐ 1 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft.
- ☐ 2 Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft, und ich bin langsam und vorsichtig.
- ☐ 3 Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst.
- ☐ 4 Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege.
- ☐ 5 Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett.

**Abschnitt 3: Heben**

- ☐ 0 Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden.
- ☐ 1 Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden zu heben, aber es geht, wenn sie geeignet stehen (z.B. auf einem Tisch).
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie geeignet stehen.
- ☐ 4 Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben.
- ☐ 5 Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen.

**Abschnitt 4: Gehen**

- ☐ 0 Schmerzen hindern mich nicht daran, so weit zu gehen, wie ich möchte.
- ☐ 1 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1-2 km zu gehen.
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0,5 km zu gehen.
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100m zu gehen.
- ☐ 4 Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen.
- ☐ 5 Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen.

**Abschnitt 5: Sitzen**

- ☐ 0 Ich kann auf jedem Stuhl so lange sitzen, wie ich möchte.
- ☐ 1 Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen, wie ich möchte.
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen.
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen.
- ☐ 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen.
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen.

**Abschnitt 6: Stehen**

- ☐ 0 Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, ohne dass sie Schmerzen dadurch stärker werden.
- ☐ 1 Ich kann so lange stehen, wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu gehen.
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen.
- ☐ 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen.
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen.

**Abschnitt 7: Schlafen**

- ☐ 0 Mein Schlaf ist nie durch Schmerzen gestört.
- ☐ 1 Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerz gestört.
- ☐ 2 Ich schlafe aufgrund meiner Schmerzen weniger als 6 Stunden.
- ☐ 3 Ich schlafe aufgrund meiner Schmerzen weniger als 4 Stunden.
- ☐ 4 Ich schlafe aufgrund meiner Schmerzen weniger als 2 Stunden.
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen.

**Abschnitt 8: Sexualleben**

- ☐ 0 Mein Sexualleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker.
- ☐ 1 Mein Sexualleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- ☐ 2 Mein Sexualleben ist nahezu normal, aber sehr schmerzhaft.
- ☐ 3 Mein Sexualleben ist durch die Schmerzen stark eingeschränkt.
- ☐ 4 Ich habe aufgrund meiner Schmerzen fast kein Sexualleben.
- ☐ 5 Schmerzen verhindern jegliches Sexualleben.

**Abschnitt 9: Sozialleben**

- ☐ 0 Mein Sozialleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht beeinträchtigt.
- ☐ 1 Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- ☐ 2 Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, außer dass sie meine eher aktiven Interessen, z.B. Sport einschränken.
- ☐ 3 Schmerzen schränken mein Sozialleben ein, und ich gehe nicht mehr so oft aus.
- ☐ 4 Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein.
- ☐ 5 Ich habe aufgrund von Schmerzen kein Sozialleben.

**Abschnitt 10: Reisen**

- ☐ 0 Ich kann überall hinreisen, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker.
- ☐ 1 Ich kann überall hinreisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker.
- ☐ 2 Trotz starker Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein.
- ☐ 3 Ich kann aufgrund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein.
- ☐ 4 Ich kann aufgrund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen.

1	Ausgezeichnet	Keine Schmerzen, keine Einschränkung der Aktivität
2	Gut	Gelegentliche Rücken- oder Beinschmerzen. Die Fähigkeit des Patienten seine normale Arbeit zu verrichten, und/oder seine Fähigkeit der gewohnten Freizeitgestaltung nachzugehen, bleibt erhalten.
3	Mäßig	Verbesserte Funktionsfähigkeit, jedoch Beeinträchtigung durch zeitweise auftretende Schmerzen mit ausreichendem Schweregrad, um die Arbeits- oder Freizeitaktivitäten einzuschränken oder zu verändern.
4	Schlecht	Keine oder nur unzureichende Verbesserung, um persönliche Aktivitäten zu steigern. Weiterer operativer Eingriff/weitere Intervention erforderlich.

**MacNab Kriterien** – deutsche Übersetzung



### Numerische Bewertungsskala oder numerische Ratingskala (NRS)

Patient: ..... Datum der Untersuchung: .....

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

keine Schmerzen unerträgliche Schmerzen

Ergebnis \_\_\_\_\_

### Numerische Ratingskala (NRS)

## **10.2 Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: PD Dr. med. Patrick Strube, Chris Lindemann und Dr. med. Timo Zippelius,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Köln, den 20.01.2020

Felix Frederik Hochberger

### 10.3 Danksagung

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn PD Dr. med. Patrick Strube und Chris Lindemann für die Bereitstellung des Themas, die intensive und gute Betreuung während des Erfassens und Auswertens der Daten und des Schreibens dieser Arbeit und nicht zuletzt für die exzellente Zusammenarbeit während der letzten zwei Jahre. Großer Dank gilt auch den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Waldkliniken Eisenberg, die mich bei der statistischen Auswertung der Daten tatkräftig unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt auch den vielen Studienteilnehmerinnen- und Teilnehmern, ohne deren engagierte Mitarbeit diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meiner Mutter für die Korrektur der Rechtschreibung und Grammatik und der Hilfe, Unterstützung, Geduld, Motivation und Ausdauer zu jedem Zeitpunkt über die gesamten Jahre des Studiums und der Promotion. Mein zutiefst empfundener Dank gilt darüber hinaus Liane und Gerd, für alles, wobei sie mir zur Seite standen und was sie mir ermöglicht haben und all das, was mir dadurch erst möglich wurde. Weiter erwähnt und gedankt werden soll meinem Bruder Paul und meinem Vater Jörg, die mich häufig einfach nur ertragen, mir ausdauernd und oft auch unbemerkt den Rücken gestärkt haben. Mit einem Zitat von Hermann Hesse möchte ich meine Danksagung abschließen und allen genannten und ungenannten Freunden und Familienangehörigen für die unglaubliche Unterstützung und Motivation danken:

*„Man muss das Unmögliche versuchen, um das Mögliche zu erreichen“*

*(Hermann Hesse)*

